ESTUDIOS
INTERNACIONALES

El desarrollo de la Antártica

Obra editada bajo la dirección de

Francisco Orrego Vicuña

Augusto Salinas Araya

publicada conjuntamente con el

Instituto de la Patagonia

Instituto de Estudios Internacionales de la Universidad de Chile
EDITORIAL UNIVERSITARIA

DESARROLLO DE LA ANTARTICA

ESTUDIOS INTERNACIONALES

Colección dirigida por el

INSTITUTO DE ESTUDIOS INTERNACIONALES

DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE

El INSTITUTO DE
ESTUDIOS INTERNACIONALES DE LA
UNIVERSIDAD DE CHILE

es un centro de enseñanza superior
e investigaciones en el ámbito
de las relaciones internacionales,
en sus aspectos políticos, jurídicos,
económicos, sociales e históricos.
Imparte docencia de pre y postgrado
en la Universidad de Chile y
coopera con otras instituciones
académicas

Dirección: Calle Condell Nº 249. Santiago, 9. Chile.
Dirección Postal: Casilla 14187. Sucursal 21. Santiago, Chile.
Dirección cablegráfica: INTERACADEMIC. Santiago, Chile
Teléfonos: 42940 - 258249.

DESARROLLO DE LA ANTARTICA

Obra editada bajo la dirección de

FRANCISCO ORREGO VICUÑA

y

AUGUSTO SALINAS ARAYA

INSTITUTO DE
ESTUDIOS INTERNACIONALES
DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE

EDITORIAL UNIVERSITARIA
SANTIAGO DE CHILE

Estudios presentados al
Symposium internacional
sobre el Desarrollo de la Antártica
organizado por el Instituto de Estudios Internacionales
de la Universidad de Chile
y el Instituto de la Patagonia. Punta Arenas, Chile,
11-14 de abril de 1977

La publicación de esta obra ha
contado en parte con un
aporte de la
TINKER FOUNDATION
New York

© Universidad de Chile, 1977
Inscripción Nº 47013

Derechos exclusivos reservados para todos los países
Instituto de Estudios Internacionales
Universidad de Chile

Texto compuesto con *Linotype Baskerville*
e impreso en los talleres de la Editorial Universitaria
San Francisco 454, Santiago, Chile

IMPRESO EN CHILE / PRINTED IN CHILE

INDICE

Introducción

El Desarrollo de la Antártica. Francisco Orrego Vicuña . 11
— Intervención del Director del Instituto de Estudios Internacionales de la Universidad de Chile, profesor Francisco Orrego Vicuña, en el acto inaugural del Symposium. . . 13
— Intervención del Rector del Instituto de la Patagonia, profesor Mateo Martinic, en el acto inaugural del Symposium. 15
— Intervención del Intendente de la XII Región, General Nilo Floody, en el acto inaugural del Symposium. . . . 18

Parte Primera: Antecedentes y perspectivas del desarrollo antártico. 23

— Possibilities for explotation of Antarctic resources. Phillip Law. 24
— Interés, preocupación y presencia antárticos de Chile. Visión sinóptica, 1494-1940. Mateo Martinic. 38
— El marco geográfico del desarrollo antártico. Sergio Sepúlveda. 50

Parte Segunda: El progreso de la investigación científica como base del desarrollo antártico. 69

— The advancement of scientific research as the basis of antarctic development. Takesi Nagata. 70
— La investigación científica en la antártica. Juan Carlos Castilla. 132
— Resumen de las actividades científicas que desarrolla el Instituto Antártico Argentino. René Dalinger. . . . 144
— Norwegian Antarctic Research. Past and present. Olav Orheim. 154

Parte Tercera: El desarrollo de los recursos vivos de la antártica. 161

— Estado actual y potencial de utilización de los recursos renovables de la antártica. José Valencia. 162
— El desarrollo de la explotación del krill antártico. Roberto Cabezas. 169
— The development of living resources of Antarctica: krill. R. B. Thomson. 182
— Explotación y conservación de mamíferos marinos en la antártica. Daniel Torres. 186

Parte Cuarta: Minerales e hidrocarburos en el desarrollo antártico. 227

— El continente antártico: sus recursos no renovables. Oscar González-Ferrán. 228
— Geología económica del Estrecho Gerlache entre los paralelos 64° y 65° latitud sur, antártica chilena. Boris Alarcón. 252
— Perspectivas de desarrollo de recursos de hidrocarburos en la antártica. Raúl Cortés. 265

Parte Quinta: Transporte y turismo como factores del desarrollo antártico. 273

— El desarrollo del transporte antártico. Rubén Scheihing. 274
— Transport and tourism in antarctic development. R. B. Thomson. 290

Parte Sexta: Desarrollo antártico y medio ambiente. 295

— Desarrollo antártico y medio ambiente costero. Carlos Moreno. 296
— International Southern Ocean Studies. Víctor T. Neal. . 307
— Instituto Brasileiro de Estudos Antárticos: scientific activities on Antarctica. Aristides Pinto-Coelho. 319
— Instituto Brasileño de Estudios Antárticos: objetivos y políticas. Joao Aristides Wiltgen. 324

Parte Séptima. La cooperación científica internacional para el desarrollo antártico. 327

— The work of SCAR for conservation of nature in the antarctic. Tore Gjelsvik. 328

Parte Octava. La cooperación política internacional para el desarrollo antártico. 335

— International cooperation for antarctic development: the test for the antarctic treaty. Brian Roberts. 336
— Bases para el desarrollo económico de la antártica en una perspectiva político-jurídica. Oscar Pinochet. 357

Programa del Symposium. 367

Nómina de participantes. 371

Reconocimientos. 372

COLABORARON EN ESTE VOLUMEN

BORIS ALARCÓN. Profesor del Departamento de Geología de la Universidad de Chile.

ROBERTO CABEZAS. Director de programas del Instituto de Fomento Pesquero de Chile.

JUAN CARLOS CASTILLA. Profesor del Departamento de Biología Ambiental y Poblaciones. Instituto de Ciencias Biológicas. Universidad Católica de Chile.

RAÚL CORTÉS. Geólogo, Empresa Nacional de Petróleo de Chile.

RENÉ DALINGER. Jefe de la División de Glaciología. Instituto Antártico Argentino.

TORE GJELSVIK. Director del Instituto Polar Noruego.

OSCAR GONZÁLEZ-FERRÁN. Profesor del Departamento de Geología de la Universidad de Chile.

PHILLIP LAW. Rector del Instituto de Colegios Tecnológicos del Estado de Victoria, Australia.

MATEO MARTINIC. Rector del Instituto de la Patagonia, Chile.

TAKESI NAGATA. Director del Instituto Polar del Japón.

VÍCTOR T. NEAL. Coordinador Internacional del Programa de Estudios del Océano Austral.

OLAV ORHEIM. Instituto Polar Noruego.

FRANCISCO ORREGO. Director del Instituto de Estudios Internacionales de la Universidad de Chile.

OSCAR PINOCHET. Ex embajador de Chile.

ARISTIDES PINTO-COELHO. Director de Ciencia y Tecnología, Instituto Brasileño de Estudios Antárticos.

BRIAN ROBERTS. Investigador, Instituto Scott de Investigaciones Polares, Inglaterra.

RUBÉN SCHEIHING. Armada de Chile.

SERGIO SEPÚLVEDA. Profesor del Departamento de Geografía de la Universidad de Chile.

R. B. THOMSON. Superintendente de la División Antártica de Nueva Zelandia.

DANIEL TORRES. Profesor de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile.

JOSÉ VALENCIA. Profesor de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile.

JOAO ARISTIDES WILTGEN. Presidente del Instituto Brasileño de Estudios Antárticos.

INTRODUCCION

Francisco Orrego Vicuña

Durante años el continente antártico fue considerado como un lugar remoto y virtualmente inaccesible, abierto únicamente al esforzado trabajo de los científicos y a la presencia de bases de algunas naciones visionarias. Sin embargo, esta perspectiva ha cambiado dramáticamente en los años recientes y ya se mira a la Antártica como una nueva frontera susceptible de conquista y aprovechamiento por el hombre.

El desarrollo de la Antártica ya ha comenzado en forma inequívoca. El progreso vertiginoso de la investigación científica y de los medios tecnológicos ha llevado a un conocimiento más profundo de ese continente, el cual, si bien todavía es insuficiente, permite ya apreciar a cabalidad el potencial de utilización de la región. Consiguientemente, muchas son las naciones que hoy miran hacia ese potencial.

Además del potencial de explotación de recursos minerales e hidrocarburos, que si bien todavía es incierto no por ello deja de abrir perspectivas de enorme interés, la Antártica proporciona una significativa riqueza en el plano de los recursos vivos, particularmente en lo que se refiere a la pesca y a los mamíferos marinos. En este campo es donde se observan las mayores evidencias de un rápido desarrollo.

Por otra parte, el aprovechamiento de recursos hídricos, el incremento y perfeccionamiento del transporte naval y aéreo, el interés turístico y otros factores constituyen también aspectos del desarrollo antártico que ya se encuentran presentes y en rápida evolución.

El creciente desarrollo de la Antártica plantea complejos problemas en el ámbito científico y tecnológico y en el ámbito de la cooperación internacional. Desde luego, la frágil ecología de las zonas de hielo involucra el serio riesgo de que cualquier forma de explotación, que no cuente con controles y resguardos muy firmes, pueda provocar un deterioro ambiental de imprevisibles consecuencias, no sólo para el continente antártico, sino para muchos países, como Chile, cuyo sistema ecológico está directamente vinculado a ese continente, sin perjuicio de las consecuencias que se podrían hacer sentir en todos los continentes.

En el ámbito de la cooperación internacional surgen retos igual-

mente importantes, ya se trate de la cooperación científica o de la cooperación política. El sistema del Tratado Antártico de 1959 se ve así enfrentado a nuevas realidades, que deben ser tratadas con suficiente imaginación y sentido de la urgencia como para impedir que el propio sistema se vea abocado a una eventual crisis. Los países miembros del Tratado Antártico tienen una especial responsabilidad en este plano.

Frente a este panorama, caracterizado por nuevas perspectivas, realidades e inquietudes, el Instituto de Estudios Internacionales de la Universidad de Chile y el Instituto de la Patagonia concibieron la idea de convocar a un Symposium Internacional sobre el Desarrollo de la Antártica, que permitiese analizar el conjunto de elementos históricos y geográficos, científicos y tecnológicos, de aprovechamiento de recursos y protección ambiental y de cooperación internacional que tienen incidencia en este proceso.

El Symposium se realizó en la ciudad de Punta Arenas, Chile, entre los días 11 y 14 de abril de 1977, reuniendo a un destacado grupo de expertos en materias antárticas que provenían de los países más directamente interesados en el desarrollo antártico. El conjunto de estudios presentados a este Symposium es el que se reúne en el presente volumen.

Los estudios que siguen aportan valiosos antecedentes y elementos de juicio en todas las materias que tienen significación respecto del desarrollo antártico, abriendo perspectivas de especial interés en lo que se refiere al futuro de este continente y de la acción y cooperación que se hace necesaria para orientar ese desarrollo en marcos de racionalidad y realismo.

Probablemente éste no sea sino el comienzo de un largo proceso de estudio, maduración e intercambio de puntos de vista, que permita llegar a nuevos enfoques, pero es enormemente significativo que en todos los medios científicos, gubernamentales y universitarios pertinentes se manifieste el interés de analizar la Antártica en el contexto de una nueva dimensión histórica.

Los Institutos señalados esperan así haber podido contribuir al análisis de esta nueva realidad, con el rigor científico y la visión imaginativa que el tema requiere.

Intervención del Director del Instituto de Estudios Internacionales de la Universidad de Chile, profesor Francisco Orrego Vicuña, en el acto inaugural del Symposium.

En nombre del Rector de la Universidad de Chile, quien me ha solicitado que lo represente en este evento, y en nombre del Instituto de Estudios Internacionales, tengo el honor de inaugurar esta tarde el Symposium Internacional sobre el Desarrollo de la Antártica y darles una muy cordial bienvenida a todos los distinguidos participantes que nos acompañarán en estas deliberaciones.

El Instituto de Estudios Internacionales de la Universidad de Chile ha venido promoviendo la discusión abierta de importantes temas en el ámbito del interés nacional y de las relaciones internacionales. En el pasado hemos abordado los problemas de la preservación del medio ambiente marino, de la transferencia y el desarrollo científico-tecnológico en la Cuenca del Pacífico, de las islas oceánicas de Chile, la política oceánica, la economía de los océanos, la escasez mundial de alimentos y materias primas y otros aspectos de relevancia.

Hoy día hemos querido concentrar nuestra atención en el vasto continente antártico, sus realidades científicas, su potencialidad económica y sus dimensiones políticas. Los próximos años serán testigos de importantes definiciones en torno a la Antártica, continente que el Tratado Antártico de 1959 ha sabido preservar como zona de paz y cooperación internacional. La explotación de sus recursos vivos y la potencial explotación de sus recursos minerales, entre otros requerimientos de la hora presente, harán necesario el avance hacia regímenes regulatorios que, salvaguardando legítimos intereses nacionales, habrán de saber concertar nuevas formas de cooperación internacional entre aquellos países a los que la geografía y la historia han puesto en situación de especial responsabilidad frente al futuro de la Antártica.

Con el fin de discutir este amplio espectro de problemas, hemos convocado a este Symposium Académico, en el cual todos los puntos de vista serán bienvenidos, cualquiera que ellos sean. Si bien son numerosas las reuniones antárticas que han tenido lugar en el pasado y el presente, en esta oportunidad hemos procurado darle una característica poco común: la de integrar el pensamiento científico con las perspectivas que derivan del campo político y diplomático, integrar la investigación universitaria con la acción de los organismos

públicos, integrar las perspectivas nacionales con las internacionales, incorporar al sector privado y ensayar la formulación de una visión amplia y panorámica que permita observar la realidad en todo su significado y, de esta manera, contribuir al diseño de políticas acordes con esa realidad siempre cambiante.

Especial responsabilidad cabe a las universidades en el campo del desarrollo antártico. En función de ello, hemos considerado con el Señor Rector de la Universidad de Chile, la creación de un Centro Interdisciplinario de Estudios Antárticos, cuyo próximo funcionamiento me complazco en anunciar. Un Centro de esta naturaleza, el primero existente en el país al nivel universitario, vendrá a impulsar los estudios pertinentes, otorgar prioridades y estimular la investigación en sus variados planos. De esta manera, la importante contribución universitaria a la acción de los organismos públicos alcanzará nuevas dimensiones de amplitud y efectividad.

En nombre de la Universidad de Chile deseo agradecer vuestra valiosa y estimulante presencia. Igualmente deseo dejar constancia de nuestro reconocimiento al Señor Intendente por la amplia cooperación prestada; a la Armada de Chile por su permanente interés y colaboración al mejor éxito de este Symposium y al Instituto de la Patagonia por su copatrocinio y efectiva ayuda.

Muchas gracias.

Intervención del Rector del Instituto de la Patagonia, profesor Mateo Martinic, en el acto inaugural del Symposium.

De entre los continentes que emergen de las aguas del planeta, fuera de toda duda es la Antártica la que, con mayor fuerza ha concitado y concita el interés de la Humanidad entera, a lo menos desde un siglo a esta parte.

Geológicamente antiguo, es nuevo, sin embargo, para el conocimiento puramente geográfico y novísimo para el saber científico. Desde que los congresos internacionales de geografía de Berlín y Londres realizados en las postrimerías del siglo pasado proclamaron la necesidad de avanzar en la exploración de las regiones polares australes, motivando un loable esfuerzo científico internacional, muchísimo se adelantó desde entonces si se consideran las naturales dificultades que opone la Antártica al acceso del hombre. A la meritoria labor geográfico-científica de los años finales del siglo XIX y primeros lustros del siglo XX, que consagró los esfuerzos individuales —algunos realmente heroicos— de Gerlache, Nordenskjold, Drygalski, Charcot, Amundsen, Scott, Mawson y Shackleton entre varios, sucedió luego de un largo receso el ciclo exploratorio que destacó las impresionantes expediciones de Wilkins, Byrd y Ellsworth en cuyo desarrollo se incorporaron ya recursos tecnológicos y mecánicos modernos, y que fue realizado mediante el apoyo de respetables instituciones nacionales, generalmente de carácter privado. Así la ciencia geográfica podía tener al concluir los años cuarenta una noción general apreciable acerca del continente polar.

Faltaba, sin embargo, profundizar en el conocimiento específico, utilizando para ello los elementos y técnicas más modernos, suficientes como para superar las dificultades de operación y estudio en el sitio más desamparado de la Tierra. Cupo a los Estados Unidos dar comienzo a esta tercera etapa en la historia exploratoria antártica, tipificada esencialmente por la participación directa y activa de entidades oficiales, con apoyo de los respectivos gobiernos. De tal modo, durante los años 1946-47 y 1947-48, se llevaron a cabo dos extensas campañas de investigación, bajo la responsabilidad de la Armada norteamericana, y que fueron impresionantes por la magnitud de los recursos de todo género que en ellas se emplearon, como los provechosos resultados obtenidos. Se vio entonces con claridad cuánto podía esperarse en materia de avance del conocimiento polar a través de un programa sostenido y de vastas proporciones que involucrara una ac-

ción multinacional. Surgió entonces, avanzada la mitad de la centuria, una iniciativa feliz que se transformó en un magnífico esfuerzo cooperativo al comprometerse en él todas las naciones con intereses en el sexto continente. Fue ése el Año Geofísico Internacional 1957-58, verdadero hito de partida de una sostenida campaña de exploraciones e investigaciones de incalculables alcances y proyecciones que aún prosigue con intensidad.

La Antártica, por su condición excepcional como área prístina y libre de contaminación, por la cuantía de sus recursos biológicos y de su impresionante potencial inerte, por sus recursos hidrológicos y por las circunstancias climáticas que posee, ha pasado a ser una zona de reserva tan valiosa que, con sobrada razón, se reclama su preservación como patrimonio inapreciable destinado al común beneficio de todos los hombres.

Este Symposium tiene de tal manera por objetivos los de resumir y entregar, mediante los aportes sumados de muchos especialistas, un panorama de la situación antártica y de evolución futura. Los frutos de este encuentro esencialmente académico habrán de ser así los de una actualización del conocimiento respecto del pasado y presente antárticos, como de las perspectivas de desarrollo en el porvenir —mirando esencialmente al aprovechamiento racional de los recursos— y de las posibilidades de un estrechamiento de la cooperación internacional; además, naturalmente, del beneficio particular que habrá de resultar de la mutua relación que se establecerá durante estas jornadas científicas.

El Instituto de la Patagonia, joven centro de investigaciones regionales cuya razón de ser y objetivos apuntan hacia el mejor conocimiento de la zona meridional americana, de sus mares adyacentes y, por extensión, de la porción más septentrional del continente antártico, en orden a su progreso, y que por consecuencia se considera como representante genuino del quehacer y sentir científico de la región, accedió en su oportunidad con verdadero agrado a copatrocinar este Symposium Internacional, cuya laudable iniciativa corresponde al Instituto de Estudios Internacionales de la Universidad de Chile. Al hacerlo entendió, como entiende, ser consecuente con sus principios y fines en favor del progreso científico de Magallanes en cuya jurisdicción cabe el Territorio Chileno Antártico.

La elección de la sede, finalmente, no ha podido ser más feliz. Punta Arenas es, sin duda, la más antártica de las ciudades del globo por razón de vecindad geográfica y por vocación histórica. El puerto pionero que antaño viera partir a sus audaces marinos a la con-

quista de los mares y litorales polares y que otrora acogiera generoso a los adelantados de la exploración antártica como De Gerlache, Nordenskjold, Charcot, Shackleton, Byrd, Ellsworth y Ronne entre otros y cuya historia marítima y mercantil está por tantos lazos vinculada a las tierras australes, da, por intermedio del Instituto de la Patagonia, la bienvenida más cordial a los señores participantes a este Symposium Internacional sobre el Desarrollo de la Antártica, les desea una grata estada y les augura una proficua y constructiva tarea científica.

Intervención del Intendente de la XII *Región, General Nilo Floody, en el acto inaugural del Symposium.*

En nombre de S. E. el Presidente de la República, el Intendente Regional que os habla, tiene la grata misión y alto honor de dar la bienvenida a todos los distinguidos asistentes y participantes al Symposium Internacional sobre el Desarrollo Antártico que hoy se inicia, y cuyas exposiciones y deliberaciones tendrán por sede a esta austral ciudad de Chile, capital de la Decimosegunda Región del país, Magallanes y Antártica chilena.

Es éste un encuentro científico internacional de vasta proyección y trascendencia, pues permitirá a todos quienes en él participen, entregar su ilustrado aporte para que, a la luz de las nuevas y variadas circunstancias del presente, se renueven los esfuerzos que han de guiar las acciones del futuro en un continente cuyo destino, estamos ciertos, acusa un promisorio y vital significado, no sólo para quienes tenemos directos intereses en él, sino que, incluso, para el porvenir de toda la humanidad.

Es por ello, al mismo tiempo, una oportunidad de encuentro entre países amigos, que permite afianzar las bases, hoy y en el futuro, de un mayor acercamiento entre quienes debemos salvaguardar la empresa a acometer en este inconmensurable territorio de riquezas, y por ende, una oportunidad para estrechar lazos de confraternidad e intercambiar experiencias y opiniones de jerarquía, al amparo de los múltiples temas y variadas disciplinas que durante su desarrollo se analizarán.

Se hallan aquí reunidos delegados de los países signatarios del Tratado Antártico, de países con regiones polares y experiencia en la materia, representantes de los principales centros de estudios especializados, de universidades y asociaciones científicas, cuyo esfuerzo conjunto en los próximos días, permitirá forjar un claro panorama del desarrollo antártico actual, y al mismo tiempo, de las previsiones de su evolución futura.

Este evento del que hoy nos distinguimos siendo su sede, implicará, de este modo, un valioso examen del conjunto de problemas, tendencias y aspiraciones del desarrollo antártico, lo cual, a no dudar, derivará en apreciaciones de gran provecho para nuestros respectivos países, al permitirnos recoger experiencias y puntos de vista que serán de gran utilidad para orientar y vigorizar políticas nacionales e internacionales sobre dicho continente. Todo ello, bajo la óp-

tica de procurar la satisfacción permanente de una inquietud tanto o más profunda, cual es, la de encaminar la utilización de todos nuestros esfuerzos y recursos por la senda de fines pacíficos y ajena a discordias de cualquier naturaleza, condición que juzgamos indispensable para concebir y hacer realidad un anhelo de progreso integral.

De otra parte, y frente al gran trabajo aún por realizar, representa una etapa de avance y un paso importante en el camino de la cooperación internacional, a la vez que reafirma el propósito que nos inspira, en orden a promover y lograr su perfeccionamiento, en beneficio de todos.

Por estas razones, el Gobierno de Chile, acoge esta iniciativa científica con el máximo respaldo, y porque, además, está en ella el interés del país y de todo cuanto se relaciona con su jurisdicción más austral, cuya ciudad capital, Punta Arenas, empieza a ser escenario de este preciado evento multinacional, y de cuya potencialidad ya tuvo atisbos muy claros el fundador de nuestra nacionalidad y Padre de la Patria, General don Bernardo O'Higgins Riquelme, cuando ya entonces expresara que Chile, por el extremo sur, se extiende por la Nueva Shetlan del Sur, en latitud 65° Sur hasta el Polo Antártico.

Esta rica tradición histórica y geográfica, unida a la traducción de logros concretos mediante un permanente accionar del país, ha venido reafirmando nuestro rol y derecho en este continente, a la par que poniendo de relieve la importancia y proyección de esta región austral como plataforma base de desarrollo e investigación de los grandes recursos antárticos.

Por ello, en el ámbito nacional, Chile ha venido imprimiendo al acontecer antártico un ritmo cada vez más vigoroso, producto de la importancia que el país asigna a esta parte del territorio, y de una creciente y definida toma de conciencia por parte de las autoridades y organismos competentes, acerca de la necesidad de evaluar periódicamente la política emprendida en este plano, y bajo los principios antes enunciados, de irla adecuando y haciéndola progresar a la luz del surgimiento de nuevos acontecimientos.

En los últimos tiempos, destaca una medida inscrita dentro del contexto precedente, cual es la incorporación del territorio antártico a la provincia Antártica chilena, dependiente de la jurisdicción administrativa de ésta, la XII Región del país, lo cual, plenamente acorde a los términos del Tratado Antártico, patentiza aún más el nexo geográfico, geomorfológico y geopolítico que existe entre dicho continente y el territorio nacional continental.

A ello cabe agregar la presencia y acción constante de las bases que

nuestro país allí posee, entre las que destacan la Base Naval Arturo Prat, la Base Militar Bernardo O'Higgins, el Centro Meteorológico Presidente Frei y un conjunto de subbases y refugios, todos ellos dotados de equipos y elementos, y abocados diariamente, en sus respectivos campos, a realizar operaciones de meteorología, mareografía, sismografía, pronósticos climáticos, comunicaciones nacionales e internacionales y apoyo a las exploraciones, entre las más importantes que cubren.

El significado de todas estas realizaciones, unido a nuestro deber histórico y geográfico, por lo tanto, nos lleva a compartir resultados de estudios, experiencias y observaciones que sean de provecho común, como siempre con el espíritu inquebrantable de redoblar esfuerzos de todo orden, para acentuar, con sentido del futuro, nuestra preocupación y presencia en el continente helado, y para llevar por un terreno de concordia y prosperidad recíproca, las tareas conjuntas de quienes compartimos el privilegio antártico.

Respetuoso del camino que los pueblos se dan por propia iniciativa, Chile expondrá sus puntos de vista para conjugarlos con los de los demás participantes, y lograr así una armoniosa y visionaria interpretación del Territorio Antártico; y de este modo, para que ella cumpla con lo señalado en las bases de la Convocatoria al indicar que ésta, ha sido concebida "en un marco de estricta objetividad e imparcialidad, en razón de la cual todos los puntos serán bienvenidos y ninguna posición nacional ni personal será prejuzgada".

Se analizarán, entonces, en un marco realista, la actualidad y futuro de este continente virgen, cuyas potencialidades comenzamos recién a auscultar, y que podrán en el mañana cumplir con el papel que la historia le ha asignado como fuente de riqueza alimentaria, energética, mineral, ecológica, de recreación y confraternidad.

Aprovecho la ocasión para agradecer la presencia de todos ustedes a este trascendental Symposium, y de un modo especial, para resaltar el reconocimiento de nuestras autoridades al Instituto de Estudios Internacionales de la Universidad de Chile e Instituto de la Patagonia, bajo cuyo concurso, como entidades patrocinadoras, se hace hoy realidad este evento.

Al finalizar, en nombre del Gobierno que represento y de todas sus más altas autoridades, reitero la más cordial bienvenida a todos los ilustres participantes en este Symposium, y deseo al mismo tiempo, una jornada provechosa y plena de satisfacciones mutuas, de mo-

do que en este estudio, nuestros países sigan siempre por la senda de ser en la Antártica "presencia útil a la ciencia y a la humanidad", tal como un investigador magallánico acertadamente definió la creciente inquietud del hombre por revelar los secretos de las inmensidades polares.

PARTE PRIMERA

Antecedentes y perspectivas del desarrollo antártico

POSSIBILITIES FOR EXPLOITATION OF ANTARCTIC RESOURCES

Phillip Law
Vice Chancellor, Victoria Institute of Colleges. Australia

The first man to approach the Antarctic Continent was Captain James Cook who, between 1772 and 1774, circumnavigated Antarctica and discovered a number of sub-Antarctic Islands. Speaking of these Islands he wrote, "Countries condemned to everlasting rigidity by Nature, never to yield to the warmth of the sun, for whose wild and desolate aspect I find no words; such are the countries we have discovered; What then may those resemble which lie still further to the South? Should any one possess the resolution and fortitude to elucidate this point by yet pushing further south than I have done, I shall not envy him the fame of his discovery, but I make bold to declare the world will derive no benefit from it." Let us see whether the passing of nearly 200 years has proved Cook right or wrong.

The last 30 years have seen the opening up of the great Antarctic Continent. Before the International Geophysical Year (the I.G.Y.), which started in 1957, almost nothing was known of the interior of Antarctica. There were large tracts of coast which had neither been visited nor seen, let alone charted. No man had ever experienced a winter inland on the Antarctic plateau before 1957 and it was not known what degree of cold would have to be faced there. (We now know that the temperature in central Antarctica drops almost as low as −130°F.). No aircraft had ever flown from another Continent to Antarctica itself and no flying in winter had been attempted in Antarctica.

During and since the I.G.Y. remarkable progress has been made in mapping this desolate region and in developing the logistic techniques required by those who wish to live and work there, so now more than ever before the question is being asked, "What is to be the future of Antarctica; what are its resources and its potential value?" We cannot yet give a satisfactory answer to this question. We can explain its immense value as a region for scientific investigations, but we can list very little in the way of known material resources. We can propose, with the use of a little imagination, some of the developments that might occur in Antarctica during the next few decades and we can underline the difficulties which must

be met by those who may wish to explore this region, and this I shall try to do.

THE SCIENTIFIC VALUE OF ANTARCTICA

Let us first consider the scientific value of Antarctica. This is due to its unique geographical position on the globe. It has no counterpart in the Northern Hemisphere because, as you know, the Arctic Region surrounding the North Pole is an ocean whereas Antarctica is a Continent. This makes it an important region for researches in meteorology, seismology, geology, glaciology, gravity, marine biology, zoology and botany. Secondly, Antarctica is a new area of investigation and there is an immense amount of virgin material to be studied, particularly in geology, glaciology and biology. The cream hasn't been skimmed off yet and there are many valuable observations which can be quite simply made. Thirdly, it is covered by a vast ice sheet similar to that which in Pleistocene times covered large areas of the temperate Northern Hemisphere and certain areas of Australia and South America. Glaciological investigations of this ice are of great value to students of the history of the various ice ages which the Earth has experienced. Fourthly, the presence of the Geomagnetic Pole in the Antarctic makes the region of interest to those who are studying upper atmospheric physics (which includes such subjects as the Aurora, Cosmic Rays and the Ionosphere). Fifthly, Antarctica provides a unique, isolated, sterile laboratory for the study of bacteriological problems and for the monitoring of pollution, and a unique stress environment for those who are interested in studying physiological and psychological problems.

There is no question, then, that rich scientific dividends can be obtained from an Antarctic investment. Further, the inmediate use which can be made of certain data, notably those from meteorological and ionospheric observations, has been found in itself to be of sufficient value to justify quite a high level of Antarctic effort. There seems no longer to be any doubt amongst informed people as to the great value and importance of such research. However, Cook was not to foresee such a development. Moreover, all this vague apparently unsubstantial stuff which we list as scientific research doesn't mean much to the man in the street; he wants to know what exploitable resources the Antarctic possesses. Let us, then, have a look at some of these.

Mineral resources

The first which come to mind are the mineral resources. Amongst the rocks of the Antarctic Continent, as of any other Continent, there must be valuable minerals. It merely remains for men to find them and devise means of extracting them at reasonable cost. In a world whose mineral resources are being rapidly depleted, the mere existence of another untapped source of supply cannot fail to be important. But what are the prospects of finding minerals in Antarctica? Let us have a look at the map.

Greater Antarctica is the region on the right. Lesser Antarctica (sometimes called Western Antarctica) is the other part. These two are essentially different in geological structure. (Fig. 1).

Most of Greater Antarctica consists of Precambrian shield, made up of ancient gneisses and granites. A zone roughly coinciding with the Transantarctic Mountains is composed of late Precambrian and early Palaeozoic granites and sediments which have been altered by heat and pressure in many places. Unaltered coal-bearing late Palaeozoic sediments overlie the rocks of this zone and also a few parts of the Pre-cambrian shield. Rich mineral deposits have been found in the Precambrian shields of other continents such as those of Western Australia, eastern Canada, and Scandinavia, and in rocks like those of the Transantarctic Mountains. In Lesser Antarctica, however, Precambrian and Paleozoic rocks are of limited extent only, for most of this part consists of Mesozoic and Tertiary rocks which are related to those of the Andean chain of South America. The Andean chain contains important copper deposits and there are possibilities that these might also occur in the mountains of the Antarctic Peninsula. Coal bearing strata have been found in the Transantarctic Mountains.

However, although the area of Antarctica is five and a half million square miles, less than five percent of this area is visible as ice-free rock. The chances, therefore, that minerals will occur in this very small area of visible rock relatively small. Admittedly, the rock is bare of vegetation and generally of soil, and can therefore be examined rather more readily than the rock in other continents, where it is covered with trees and bushes and earth. However, most of the rock outcrops in Antarctica are in the form of mountain peaks whose heights, distances from the coast, and surrounding ramparts of crevassed ice make them difficult to approach. Also, many mineral exploitation techniques could not be used as the

MAP OF ANTARCTICA

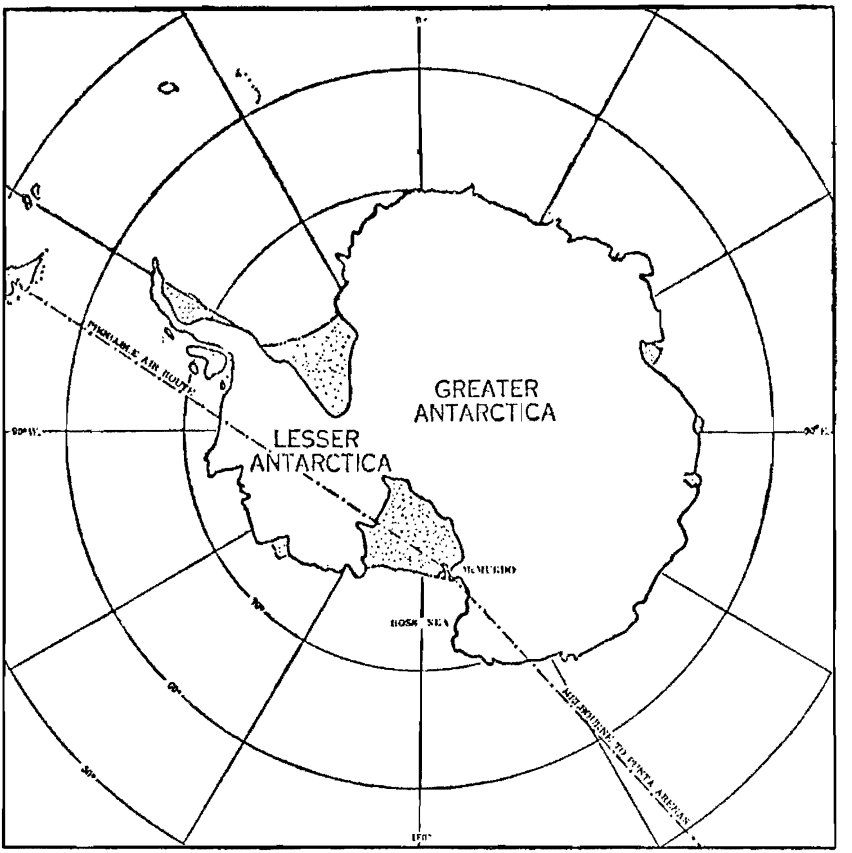


Fig. 1

ground is perennially frozen. For the moment I am regarding as quite impracticable any consideration of prospecting for, or later mining for, deposits of ore which might exist beneath the ice cap. I think the first step is to have a look at what is sticking up out of the ice.

Although the odds are against the finding of valuable mineral deposits in the next few years, there is always the chance that some discovery may lay bare a second Chuquimata, Klondike or Broken

Hill. A number of geologists of different nations are steadily working through the most accesible mountains and, although traces of all minerals have been found, few mineral deposits of any size have been discovered. Nothing of any commercial significance has yet been found.

We should remember, though, that geological investigations so far have been concerned mainly with reconnaissance and broad geological mapping. Very little systematic prospecting has been done.

Let us divide mineral discoveries into two categories: the first we shall call *mineral deposits,* which we define as those whose extent has been roughly determined and which are of a size richness which would probably warrant economic investigation if they occurred elsewhere. The second we shall call *mineral occurrences* and define this as meaning minerals which have been observed in specific places but which would not warrant further investigation if they occurred elsewhere and which, therefore, are currently only of scientific interest.

i) *Mineral deposits*

a. Iron ore deposits in banded formations have been found at Mt. Ruker, Prince Charles Mountains, MacRobertson Land. They are about 100 metres thick, have a limited surface exposure, and are of grade about 35% iron. Magnetic anomalies possibly associated with the iron formations have been traced for 120 km by Soviet scientists.
b. Coal seams near Beaver Lake in the Prince Charles Mountains, 2.5m and 3.5m thick, are of unknown but probaly limited extent. The coal appears to be good quality steaming coal.
c. Coal occurs in the Transantarctic Mountains to the west of the Ross Sea and in the Horlick, Pensacola and Theron Mountains. The coal is mostly of poor to medium quality; some anthracite coal has been reported. Seams of workable thickness are known but, in the Transantarctic Mountains particularly, they have been degraded by igneous intrusions.

ii) *Mineral occurrences*

Many minor occurrences of metallic and non-metallic minerals have been reported throughout Antarctica, but their significance has in most cases been exaggerated. Some occurrences, such as the copper

mineralization found on the Lassiter Coast in the Antarctic Peninsula, may be worth more investigation. Uranium ore was reported by the Japanese in Greater Antarctica.

Consider now that would involved if some rich ore body were to be discovered. We already have the technical knowledge and sufficient understanding of the Antarctic environment to enable us, at a price, to mine the ore and bring the products back to civilised countries. Obviously, though, the ore must be extremely rich and reasonably accessible. Secondly, it can be assumed that only ores which can be easily concentrated on the spot will be worth mining, for the cost of shipping raw ore would be prohibitive, as also would be the cost of establishing complex refining plants in Antarctica. Ores such as gold (the most desirable) and copper, silver, tin, lead, zinc, are the obvious ones that come to mind, but rarer metals such as tantalum and osmiridium, owing to their high unit value, would be worth considering. The difficulties to be faced would then be, first, the establishment of harbour facilities and a township at a suitable point on the coast; next, the building of a mine and its associated township at the site of the deposit; then the provision of adequate transport facilities between the mine and the point on the coast; fourthly, the provision of adequate power (and I think nuclear power would be essential); next, the provision of special cargo ships strengthened for use in ice and possibly the need for icebreakers also. Then there is the short summer season, approximately two months, during which ships can call to collect the concentrates, and finally the severity of the climate in general. Transport by aircraft would solve a number of problems, but would raise others.

All these difficulties have been tackled and solved in Norway, Alaska, Canada and Greenland. Recently a lead mine was established on North Baffin Island in the Arctic. However, none of these would present the level of difficulty which would be met in Antarctica. There are few coastal sites suitable for use as ports and no one has yet attemptted to provide harbour facilities anywhere in Antarctica. The location of any mine would almost certainly be at a considerable distance inland from a port, probably at a high altitude amongst mountain ranges. Transport over this distance would probably be over snow and ice, with the usual hazards of crevasses and blizzards. Temperatures at the port would range between -40°F and $+40^{\circ}$F, but the temperature range of the inland mine would be much lower (from -80°F or -100°F in winter up to -30°F or even lower in summer). There could be strong winds of up to 130 m.p.h. in coastal

regions, outside activities would be severely restricted during the long winter months by darkness and severe cold, while the low temperatures would reduce the effective life of all mechanical equipment, particularly that used for transport. Finally, high bonuses would to be paid to encourage people to offer for work under the prevailing conditions and there would be the usual crop of problems associated with people living in an isolated, remote region. A really rich gold or platinum mine might be worth exploiting, but the economic considerations underlying mining of any other mineral would at the present time make it an extremely doubtful proposition.

The question of off-shore oil has received prominence recently in the world press. However, no accumulations of petroleum or other minerals that could be classified as "mineral deposits" have been found in the seas surrounding Antarctica.

Minor, unmeasured, shows of methane with a little ethane gas were encountered in holes drilled during 1973 in the Continental Shelf in the Ross Sea region by the "Glomar Challenger" during the U.S. Deep Sea Drilling Project. These holes were deliberately sited to avoid geological structures which might have acted as reservoirs for oil or gas, so should not be considered as having been in any sense prospecting investigations. A small of methane gas was encountered during drilling into sediments beneath the Ross Ice Shelf near McMurdo.

Marine geophysical reconnaissances have indicated considerable thicknesses of sediment off the Antarctic coast but neither source rocks for hydrocarbons nor economic drilling targets have been identified.

At the present state of our knowledge it would seem that:

a. there is some possibility that serious prospecting might discover oil in the Antarctic;
b. there is a higher probability that such a discovering will occur off-shore than on the continent itself;
c. the most suitable areas for prospecting are on the continental shelf surrounding the Antarctic Peninsula and in the Ross Sea area.

Should off-shore oil be discovered the difficulties of exploiting it would be extremely great. Moving pack-ice would prevent the use of fixed oil drilling or pumping platforms. Presumably it would be possible technically to use pumps situated on the sea bed, pumping into sea-bed tanks. Tankers coming in during the brief period in

summer when the pack ice permitted their approach would then have to connect up to the sea-bed reservoirs and pump the oil into their tanks. No doubt the operations would have to conform with severe environmental safety precautions to prevent the spillage of oil.

Manganese nodules —which are of interest mainly because of their cobalt, nickel and copper content— have been reported from the deep ocean floor (between 1000m and 5000m depth) of the Southern Pacific Ocean in a belt about 500 km wide near latitude 60°S. They probably occur in a similar latitude all around Antarctica but their composition and concentrations are such that they are unlikely to attract commercial interest for a very long time.

WATER RESOURCES

Well, that doesn's sound very encouraging. What resources exist in the Antarctic, other than minerals, for which we might find a use? There is one that might some day be of importance which is seldom mentioned - water. With the rapid growth of industrialisation and the fantastic increase in the world's population, one might expect that in some not-too-distant future the question of adequate water for man's needs will arise. Antarctica represents the largest existing reservoir of fresh water. It has been estimated that the Continent is covered by more than 7,000,000 cubic miles of ice. Admittedly, the water is frozen, and immense quantities of heat energy would be required to melt it, but nevertheless there it is and some day this might be important. For example, when problems such as I have outlined above are capable of economical solution and it is possible to set up human communities in Antarctica, there may be some argument for placing new industrial establishments down there where adequate water exists. On the other hand it might prove more economical to distil seawater in temperate climates.

Many years ago someone proposed that an iceberg be towed from Antarctica to Los Angeles where it could be chopped up to provide ice for the ice-boxes of the population. This was before the advent of household refrigerators.

More recently the idea has been revived for a different purpose. In about 1962 I had a visit from two American businessmen who seriously proposed setting up a farming community on a stretch of desert land in Western Australia on the Great Australian Bight and towing icebergs from Antarctica to provide the water for the

projected settlement. We carried out a feasibility study on the idea and the further we went the less crazy it appeared. The fact that finally made us abandon the proposal was that the depth of water over the continental shelf along that coast is too shallow to permit an iceberg of any useful size to be towed close enough to the shore.

In the last three years the idea has again been raised. A committee set up by the Australian Academy of Science is carrying out theoretical studies of aspects of the idea and it appears at this stage to be worth pursuing. This year I read of a suggestion that icebergs might be towed to the coast of the Red Sea to provide irrigation water for an Arab nation. To me it would appear more practicable to tow icebergs to the coast of Peru with the assistance of the Humboldt current.

Icebergs remain one possible resource of Antarctica that might turn out to be of future value. The idea must not be dismissed as utterly impracticable.

Food resources

The food resources of the Southern Ocean will certainly one day become important to mankind. For various reasons the Antarctic Seas produce more abundant marine life than do either tropical or temperate waters. This life occurs mainly in the form of plankton, demersal and pelagic fish being relatively scarce in comparison with warmer waters. Apart from a kind of rock cod and similar bottom-feeding fish which are found close to the rocky shores of the Antarctic Continent, the most common marine species of any size are the cephalopods which occur in vast numbers, mainly as squid. These squid form the chief diet of seals, toothed whales, albatrosses and giant petrels, and in the stomachs of Antarctic seals and seabirds one commonly finds numerous cephalopod beaks. Their abundance is not usually recognized, for they approach the surface only at night and can swim fast enough to avoid nets and trawls. However, I have seen the surface of the sea at night so closely packed with phosphorescent squid that it would have been impossible to plunge a spear down into it without impaling many of them.

The zooplankton of Antarctic waters comprise a variety of small creatures ranging from jellyfish, prawns and euphausids, down to tiny arrow worms and copepods. These planktonic animals drift around with the ocean currents, mostly approaching the surface at night and sinking deeper during the day. Their distribution in

the sea is far from uniform, in some places the water being relatively clear and in other places almost as thick as soup because of them. The euphausids and prawns, which form the diet of penguins, baleen whales and some seals, exist in swarms which are followed by the whales, which in turn are sought by the whaling factory ships. In a world faced with a deficiency of protein, such vast quantities of sea-foods cannot be ignored much longer. Soon, instead of chasing whales we shall have to step down one rung on the biological ladder and harvest the food of the whales. Zooplankton, mainly in the form of these small shrimps, gathered by powerful pumps and separated from the water by sieves or centrifugal methods, could then be cooked or frozen and compressed into blocks for use as stock food or even as human food, or pulverised for use as fertiliser. But before such a scheme is possible we must know more about the habits of plankton and the factors which determine the locations and movements of the swarms. Important research in this subject is being undertaken here in Chile. There might be some difficulties, also, due to the need to avoid small quantities of poisonous planktonic material, notably some of the vegetable plankton. The possibilities involved can be gauged if one remembers that in farming the sea one is farming in cubic and not in square measure and the productivity can be enormous. The logistic difficulties are concerned mainly with designing high speed pumps and filters or centrifuges capable of trapping the plankton and separating them from the large quantities of water which would have to be handled and in chasing the plankton swarms from place to place much as the whale factory ships search for the best whaling areas. A lot of progress in this direction has been already made by the Japanese and Russians. I do not think there would be much difficulty in marketing the meat meal as stock food or in selling the fertilizier, or even in popularising shrimp pastes for human consumption at the cheap price levels which should be possible.

A word might be said here of the mammalian resources, the whales and seals. Whaling is a dying industry as a result of overfishing the resources. Antarctic sealing, on the other hand, has never been attempted, if one excludes the sub-Antarctic species such as elephant seals and fur seals. The seal population in Antarctica itself is mainly comprised of Weddell and Crabeater seals. The population is extremely large, but because we go down there in our ships in the summer we never see large concentrations of these creatures.

They must have concentrated areas for breeding and it is assumed that these breeding areas are on the fringe of the pack-ice belt in about September, but the ships are never down there at that time and so people have not seen them. However, it would be more difficult to organize harvesting of these in Antarctica, where they are so widely dispersed, than it is in Newfoundland or Greenland. Some day it may prove possible to develop a southern sealing industry based upon the killing of male crabeater seals along the fringes of the pack-ice during the breeding period of October-November. Perhaps history will repeat itself and, when whaling ceases to be profitable, the resources of such factory ships an crasers will be transferred to hunting seals.

THE AIR ROUTE OF ANTARCTICA

Recent years have seen the development of air routes across the Arctic which have considerably shortened flight distances between the continents of the Northern Hemisphere. Something similar is bound to develop in the Southern Hemisphere in the not too distant future. However the only practicable air route is that from Australia to South America.

The great circle route from Melbourne to Buenos Aires would pass near McMurdo Sound, where the Americans have a large base. No other trans-Antarctic route is of any importance. If you want to go from Australia to South Africa the great circle route passes across the Indian Ocean over the Iles de Kerguelen, and from South Africa to South America it is further north again. At present Australia and South America have little direct communication with each other. Few regular ships ply directly between these two countries and the journey by air from Melbourne to Chile passes via Tahiti and Easter Island. If you travel by the great circle air route from Melbourne to Buenos Aires via McMurdo the total distance is 6,000 nautical miles and if you terminate at the tip of South America (for example Punta Arenas) you would reduce this by 1,000 miles again. Compare this with the distance by available air services today via Honolulu and San Francisco, which is 15,300 nautical miles. Sooner or later I am sure that an air route will be established from Australia to Chile and Argentina over this path.

What would be involved if you wanted to develop such an air route? Not nearly as much as you might imagine. I do not envisage

an Antarctic stop on such an air route. McMurdo would provide merely a check point and emergency landing field. Commercial aircraft at present are capable of routine flights over distances up to 6,000 nautical miles, so that there is no gap to be spanned by technical developments in aircraft before a non-stop flight from Melbourne to Buenos Aires or Punta Arenas becomes possible. Such a flight would open up a new and attractive tourist route on which the passenger travelling to New York would take in the magnificent scenery of Antarctica as well as the interesting countries of South America, with very little penalty in distance. Melbourne to New York via Hawaii and San Francisco is 10,500 nautical miles; via McMurdo, Buenos Aires, Rio de Janiero, it would only be 600 miles longer. McMurdo air field, which is on sea ice, is not manned in winter at present and is not available in late summer. A more permanent establishment, perhaps on the Ross Ice Shelf, would be desirable and some other check point in the Antarctic Peninsula would be an advantage, but it need not be so elaborate. Meteorological information for the route is already reasonably adequate. If aircraft for this route could be equipped with ski-wheel combination landing gear, it would make the question of establishing emergency landing fields much simpler, for the compacting of a runway to take wheels is a much more elaborate procedure than the smoothing out of a snow strip to take skis.

DISPOSAL OF RADIACTIVE WASTE

Sooner or later the question of the disposal of radiactive waste from nuclear reactors will become a serious problem in the world. There are serious objections to lodging wastes in the deeps of the oceans and the best solution at present seems to be to bury them in old disused mines. It has been suggested that Antarctica might be the ideal place, because of its isolation and sparse population, for the disposal of radiactive materials of long life. The scientific evidence, recently accumulated, indicating the presence of melt-water beneath the Antarctic ice-cap indicates certain risks would be involved in sinking wases in pits or crevasses in the continental ice sheet. However, the possibility still remains of impregnating the wastes in concrete blocks and depositing them on rock outcrops far in the interior of the continent. At present the provisions of the Antarctic Treaty forbid the dumping of radiactive wastes in Antarctica.

Antarctic tourisme

One sometimes hears reference to the potential that Antarctica might possess as a tourist resort. I believe there are real possibilities in this direction, but only within very circumscribed limits at present. In the early stages any such resort would be a rich man's playground. Fifty years ago the person with wealth and opportunity made the Grand Tour of Europe and gained distinction in the eyes of his less fortunate neighbours. Today, when any young man or woman can pay a few pounds and hitch hike around Europe, when travel has become the perquisite of the common man, it is becoming more and more difficult for the wealthy snob to find some exclusive activity with which to impress his friends. It is to such people that one must appeal in launching the early tourist trips to Antarctica. First, an air route to the resort must be established, for most tourists of the type. I have in mind would not put up with the voyage by ship through the stormy Southern Ocean. Secondly, an extremely comfortable, if not actually palatial, hotel would be needed amidst surroundings of great natural beauty and interest. Thirdly, the resort would need to be within easy reach of a number of spots of local interest where tourists could photograph glaciers, mountains, penguin rookeries, basking seals, and so on. Fourthly, the resort would need to have a reasonably sunny summer climate. I feel sure that if such a trip were advertised as sufficiently exclusive, one would experience no great difficulty in attracting a number of patrons at a cost of about 3,000 dollars each for a three weeks' stay in Antarctica. At present there appear to be only two regions which offer possibilities: one is of course the Ross Sea area, with its great historic interest and the standing relics of expeditions by Scott, Shackleton and Byrd as well as the modern stations of McMurdo and Scott; the other area is the Antarctic Peninsula to which a number of expeditions for tourists have already been organized.

One limiting factor in this tourist business is the cost of establishing and maintaining a tourist resort at such a remote locality for such a short summer season. This might be made simpler if a luxury liner were moored for, say, six weeks at a suitable spot to act as the hotel for a period of three or four successive tours, the tourists being delivered by air. This would solve the problems of comfort, cuisine, water and power supply without the great capital outlay involved in building and maintaining a large hotel.

A recent innovation that offers prospects for future development

is the experimental introduction by Quantas and Air New Zealand of non-stop return flights from Australia and New Zealand respectively to Antarctica. These are proving immensely popular and seem certain to be repeated next summer. Air New Zealand last summer made two flights to McMurdo Sound while Quantas made two flights to King George V Land and Oates Land. The cost per person was about $240 (A).

Another possible use which has been suggested for Antarctica is for the storage of food surpluses. Personally, I consider sheer logistic difficulties and expense would rule this out. If transport in adequate amount could be found for such a purpose, it would seem more desirable that the food surpluses should be carried by these ships to areas of the world where they are immediately needed.

Any discussion on the exploitation of Antarctic resources must inevitably lead on to the questions of political claims in Antarctica and of measures for protecting the Antarctic environment. These however are beyond the scope of this paper.

INTERES, PREOCUPACION Y PRESENCIA ANTARTICA DE CHILE

Visión sinóptica, 1494-1940

Mateo Martinić B.
Rector del Instituto de la Patagonia

ANTECEDENTES HISTORICOS

Hubo de ser el 7 de junio de 1494 cuando los Reyes de Castilla y Portugal, actuando en uso del derecho de propiedad que les confirieran las bulas papales de 3 y 4 de mayo y de 26 de septiembre del año anterior, acordaron dividirse amigablemente las jurisdicciones sobre las tierras que hacía poco se habían descubierto.

En virtud de la potestad soberana y jurisdiccional así reconocida emanó la disposición real castellana que confirió a Pedro Sancho de la Hoz, el 24 de enero de 1539, la gobernación de la TERRA AUSTRALIS, región americana a la que entonces se otorgaba por término septentrional el litoral del estrecho de Magallanes y, por linde meridional, el mismo Polo Antártico.

El beneficiario de tal concesión había de traspasar meses después y por escritura pública de 12 de agosto de 1540, los derechos correspondientes a su asociado en la empresa de la conquista de Chile, capitán Pedro de Valdivia, quien de tan singular suerte pasó a detentar primero la condición jurisdiccional sobre la tierra antártica que sobre la región capital de la nación que su energía y visión contribuirían a formar.

Empeñado en el duro afán de la conquista y poblamiento inicial, Valdivia no cesó de reclamar al monarca español la ampliación de la concesión territorial que le había sido otorgada, peticionando la vasta porción del sur del continente, que corría entre el grado 41 y el Estrecho de Magallanes, para así dar apropiada continuidad desde el Despoblado de Atacama hasta el Polo Antártico al Chile que trabajosamente nacía.

La inesperada muerte que se interpuso en el camino del esforzado conquistador, impidió así la materialización de la reiterada aspiración jurisdiccional, la que sí vino cobrar forma en la persona de quien fuera su emisario, cerca del monarca, el capitán Jerónimo de Alderete. Este obtuvo por reales cédulas de 29 de septiembre de 1554 y de 29 de mayo de 1555 el gobierno de las provincias de Chile, Patagonia y Terra Australis, abarcando desde el grado 27 de latitud hasta el Polo Sur.

De tales precisos, inmediatos como incuestionables títulos había

de arrancar para el futuro la jurisdicción soberana de los gobernadores de Chile sobre la región antártica.

Que la realidad geográfica comprobada con el descubrimiento del Cabo de Hornos por parte de Schouten y Le Maire en 1616 pusiera en evidencia que la Tierra del Fuego no se prolongaba hacia el meridión, integrando y dando forma a la Terra Australis Incógnita, no obstaba a la bondad de los títulos sobre ellas establecidos por la Corona de España. Tanto más cuanto que en 1603 el almirante Gabriel de Castilla que había salido desde Valparaíso con encargo de reconocer las costas de Chile, había navegado en plan de exploración la costa sudoccidental del reino alcanzando hasta el grado 64 de latitud austral, descubriéndose las primeras tierras antárticas avistadas por ojos humanos. Siglo y medio después, en 1761, el Gobernador don Manuel de Amat y Junient, al hacer la descripción precisa y circunstanciada del Reino de Chile, se encargaría de consignar la pertenencia geográfica e histórica de las más septentrionales de las islas polares a dicha jurisdicción.

Así los títulos preexistentes adquirieron mayor consistencia con el afortunado hallazgo geográfico, concluyendo aquéllos en ser reforzados por el reconocimiento que, en favor de España otorgaría el Tratado de Nootka Sound, celebrado entre esta potencia e Inglaterra en 1790.

De tal modo, hubo de arribarse al momento histórico en que la joven república chilena daba sus primeros pasos como nación libre y soberana. Y ya entonces, 1820, su primer puerto mercantil, Valparaíso, era el receptáculo de las novedosas informaciones aportadas por foqueros ingleses y norteamericanos que daban cuenta del descubrimiento —redescubrimiento en verdad—, de tierras polares allende el Cabo de Hornos y el paso de Drake, cuyos litorales abundaban en manadas de lobos de piel fina. En la subsecuente faena cazadora también debieron participar naves de la matrícula de Valparaíso, habiendo conservado las crónicas históricas el nombre de uno de ellos, el bergantín *Dragón*.

La permanente relación y el frecuente trato que con los hombres de mar, principalmente con aquellos que revistaban en la Real Marina Británica, mantuvo durante sus años de gobierno, como en los del exilio, don Bernardo O'Higgins, fundador de la República, debieron imponer al estadista de mucha información geográfica acerca de las tierras y mares más meridionales del orbe. Pudo así O'Higgins en patrióticas cavilaciones meditar la vinculación que aquellas remotas regiones tenían con la parte americana del país, entendiendo

cabalmente, además, la excepcional situación que surgía del privilegio geográfico de poseer Chile las llaves marítimas del paso entre los océanos más importantes del globo. De ahí que, al definir y proclamar el porvenir marítimo-mercantil de la nación, mencionó con reiteración la pertenencia de las antárticas islas Shetland a la jurisdicción geográfica de la República.

En el memorable documento de 1831, que consignara sus visionarios pensamientos, cuidadosamente recogido por el Foreing Office británico, se contienen entonces las que, hasta donde sabemos, son las primeras menciones expresivas de jurisdicción nacional alguna, al menos sobre una porción del continente antártico, referidas al Chile republicano, precisamente heredero de España en la soberanía continuada sobre las regiones polares americanas.

Y que tanto el legado o'higginiano cuanto la tradición colonial no pasaron inadvertidos entre los chilenos aunque desde el enunciado de aquél hubiese ocurrido medio siglo, lo prueba el Mapa de Chile, importantísimo trabajo cartográfico debido al ingeniero Alejandro Bertrand y publicado en 1884. Esta carta comprensiva de todo el territorio nacional abarca desde el límite con el Perú, ¡hasta el archipiélago de las Shetland del Sur y península Antártica! Vale decir, una singularidad en geografía política polar para la época.

Las primeras preocupaciones jurisdiccionales y científicas chilenas (fines del siglo xix)

Corriendo el siglo xix y junto con ir avanzando la nación chilena en la consolidación de sus instituciones cívicas y democráticas y en la evolución progresista de la economía, se fue produciendo la expansión que paulatinamente conquistó nuevos territorios que a su tiempo pasaron a integrarse al afán colectivo de desarrollo.

Parte de este proceso expansivo fue iniciado en las regiones del extremo sur por algunos pioneros que como verdaderos adelantados fueron los primeros en explorar y en establecerse o en explotar los recursos naturales. Entre ellos estuvieron los capitanes loberos de Punta Arenas, que traficaron por todas las aguas interiores y exteriores de los archipiélagos patagónicos y fueguinos y que aun, en empresas de gran audacia y coraje, se habrían atrevido a cruzar el bravío mar de Drake en frágiles goletas yendo en procura de las loberías antárticas. Ello debió tener lugar durante la segunda mitad de la década de 1880, de acuerdo con el abonado testimonio del ingeniero rumano Julio Popper que consta, por lo demás, en la carta por él dirigida a la

Sociedad Geográfica de su país el 1º de marzo de 1889. Inclusive tales intrépidos capitanes magallánicos le habrían conducido en singular exploración que, por lo demás, debió servirle al referido ingeniero de antecedente inmediato para peticionar en 1892 ante el Gobierno argentino una autorización para instalar una estación destinada a la pesca de cetáceos y pinípedos, sin obtener por parte de éste resolución favorable alguna.

Enterado de tales intenciones y aprestos, el Gobernador del Territorio de Magallanes, capitán de Navío Manuel Señoret, se adelantó en representar al Supremo Gobierno, por el mismo tiempo, su preocupación en razón de los derechos que a Chile podían asistir acerca del dominio de las tierras polares, con lo que se consignaba, además la primera manifestación gubernativa de Magallanes sobre la materia antártica.

El interés por las regiones situadas allende el cabo de Hornos, no tardaría en generalizarse en diversos círculos de la pequeña pero ya pujante Punta Arenas, en particular durante la época en que el sabio sueco Dr. Otto Nordenskjold hizo de ella la base de sus expediciones de reconocimiento científico en las tierras fuego-patagónicas. Este recibió de la autoridad territorial, el Gobernador Señoret, cuantas facilidades y apoyo pudieron prestársele, estableciéndose entre ambos una amistosa relación que, sin duda, hubo de servir para que el prestigioso hombre de ciencia planteara al Gobierno de Chile la realización de una expedición de exploración científica al territorio antártico (1895). Y que el interés polar trascendía inclusive a los medios gubernativos lo prueba el hecho de que entre tanto, algunos empresarios y comerciantes de Punta Arenas se dieron a la organización de una expedición de carácter mercantil destinada tal vez a la captura de lobos marinos de piel fina. Esta expedición que se iba a realizar en un vapor de nombre *El Esquimal,* o bien, *Oso Polar,* no llegó finalmente a producirse.

No bien fueron conocidas en Santiago de Chile las intenciones del Dr. Nordenskjold de organizar una expedición a la región polar austral, especialmente a las islas Shetland y península Antártica, el Gobierno a cargo entonces del Presidente Federico Errázuriz se apresuró a ofrecerle todo su concurso, entendido fundamentalmente en cuanto al suministro de la nave —la corbeta *Magallanes*— para la exploración. Coetáneamente la Sociedad Científica de Chile, presidida a la sazón por el Dr. Federico Puga Borne, apoyó con entusiasmo el proyecto, interesándose vivamente en su realización, comprometiendo, asimismo, su cooperación. Si hubo comprensión y apoyo para la propuesta expe-

dición en el Gobierno y medios científicos, no los hubo menores en la prensa y entre la oficialidad de la Marina de Chile, circunstancias éstas que posteriormente el sabio sueco consignaría con reconocimiento.

Sensiblemente la expedición antártica, proyectada para el verano austral de 1896-97, no llegó a materializarse, pero aunque fallida, ella y la preocupación ciudadana surgida en torno a la misma, pusieron en evidencia la importancia con que se consideraba en el país los asuntos referidos al distante territorio meridional. Chile, definitivamente, estaba señalado y reconocido como un país con intereses polares.

Tan cierta era esta realidad que, en 1901, al retornar del Antártico la expedición belga comandada por Adrien De Gerlache, uno de sus científicos, el Dr. Henryk Arctowski incluyó a Chile entre las naciones con intereses polares al postular el establecimiento de una cadena de estaciones meteorológicas destinadas al estudio de la climatología polar, ello para dar cumplimiento a las recomendaciones de los últimos congresos internacionales de geografía (Londres, 1895, y Berlín, 1899), en orden al progreso del conocimiento científico de la Antártica.

Actividades jurisdiccionales, económicas, científicas y humanitarias, 1902-1918

En Punta Arenas, puerto de paso obligado de ida o retorno entre América y el continente austral, el interés por cuanto se refería a las tierras y aguas polares pasó a constituirse en cosa habitual. Genuina expresión es la preocupación permanente del diario "El Magallanes", órgano que ya desde los últimos años del siglo XIX y con mayor énfasis a contar de 1901, abogaba por la participación de Chile en la exploración científica de la Antártica y por la protección de la riqueza pelágica y pelífera de las aguas australes.

Fue en ese ambiente que la más progresista de las compañías armadoras de Magallanes, Braun & Blanchard, llevó a cabo en 1902 una empresa pionera: el envío de goletas de su insignia en operaciones de caza de lobos finos al litoral de las islas Sthetland. Sus frágiles embarcaciones —de las que se han conservado nombres, *Archie, Pichincha* y *Rippling Wave*— fueron así las primeras en pasear el pabellón nacional chileno en los mares antárticos.

La explotación de mamíferos marinos de piel fina interesó también a empresarios del centro de Chile, como Pedro Pablo Benavi-

des, quien el 31 de diciembre de 1902 obtuvo una concesión de pesquería otorgada por el Ministerio de Industrias, por Decreto Supremo 3.310, para desarrollarla desde la latitud de las islas Diego Ramírez (56º 35'), que entre otras, se le concedían "hacia el sur indefinidamente", precisa alusión ésta a las aguas y tierras antárticas. Benavides no llegó a usufructuar en definitiva de su concesión y la traspasó en octubre de 1904 a los comerciantes de Punta Arenas, Jules Koenigswerther y Mateo Pasinović. Poco antes, en agosto de aquel mismo año de 1904, dos vecinos del mismo puerto, Eugenio Bois de Chesne y Santiago Edwards obtuvieron autorización gubernativa para explotar la caza de ballenas y pinípedos en los mares australes. Sobre tal base se formó después la Sociedad Austral de Pesquería que hubo de existir hasta 1908.

Y el interés por la explotación de los recursos biológicos de los mares australes y antárticos proseguía motivando la acción de antiguos y nuevos empresarios. De tal modo, la sociedad Braun y Blanchard ensayaba ya en 1903, en aguas del Estrecho de Magallanes y del Pacífico sur hasta el Paso Drake, las primeras capturas de cetáceos en el hemisferio meridional, cuyos resultados sirvieron para constituir al año siguiente la Sociedad en Comandita Andresen, De Bruyne y Cía., a fin de explotar la caza ballenera. Las operaciones de captura se iniciaron en 1905 en aguas antárticas con el vapor cazador *Almirante Montt*. Contemporáneamente otro grupo de comerciantes de Punta Arenas organizaba una expedición a la isla Georgia del Sur en plan de caza exploratoria, empleando para el efecto el pequeño vapor *Consort*. Al año siguiente, 1906, y sobre la base de la experiencia mercantil así realizada se formaría legalmente la Sociedad Comercial Colectiva South Georgia Exploration Company para llevar adelante la explotación de aquel territorio subantártico.

Mientras tanto afán tenía lugar en Punta Arenas, en Santiago el antiguo y entusiasta Presidente de la Sociedad Científica de Chile, Dr. Federico Puga Borne, convertido entonces en Ministro de Relaciones Exteriores y Colonización del Presidente Germán Riesco, elaboraba un proyecto encaminado al establecimiento de colonias temporales de cazadores en la isla Elefante del archipiélago Shetland del Sur (1905); ello, sin duda, como parte de una política destinada al afianzamiento de la jurisdicción nacional en la meridional región. Poco después y por Decreto 260, de 27 de febrero de 1906, el mismo ministro otorgaba a Enrique Fabry y a Domingo de Toro Herrera una vasta concesión para ocupar y explotar económicamente

durante veinticinco años una serie de islas y territorios, entre los que cabe mencionar las Shetland y la tierra de Graham, en el continente antártico. Esta concesión históricamente tiene el mérito de haber sido la primera recaída sobre una porción de la región polar austral y Chile la primera nación en ejercer su derecho jurisdiccional sobre la misma.

La variada actividad oficial y privada registrada entre 1903 y 1906 no era, de otra parte, más que la expresión apropiada de una noción cada vez más generalizada de pertenencia territorial que tenían las tierras y aguas antárticas sudamericanas, respecto de Chile, tanto por derechos históricos como por los de exclusiva e inmediata vecindad geográfica. El interés se había visto confirmado en 1903 cuando en diversos círculos, principalmente de la Armada Nacional, existió preocupación por la suerte del explorador Nordenskjold, al que se consideraba perdido en aguas polares, y se trató de organizar o de participar a lo menos en una expedición destinada a su búsqueda y rescate. Fue entonces cuando distinguidos jefes de la Marina, como los capitanes de navío Luis Pomar, Director de la Oficina Hidrográfica, y de fragata, Ismael Gajardo, calificado hidrógrafo, formularon bien fundadas proposiciones en orden a realizar conjuntamente con el salvamento del sabio sueco, operaciones de exploración científica de general provecho para el conocimiento antártico.

Un cuadro semejante de creciente interés y preocupación que comprendía a hombres de estado, oficiales de marina, científicos y empresarios mercantiles vino a derivar en una atinada decisión del Gobierno de Chile: la organización de una Expedición Antártica Chilena. Para adelantar en materia de tanta importancia, el Ejecutivo envió al Congreso Nacional un proyecto de ley destinado a obtener aprobación y suministro de fondos para el referido objeto, en tanto que en forma paralela se designaba y constituía administrativamente una comisión ad-hoc responsable de la organización de la expedición. Esta comisión estuvo integrada por Luis Riso Patrón, Director de la Oficina de Límites, por Alberto Obrecht, Director del Observatorio Astronómico, y por Alejandro Alvarez, Consultor Letrado del Ministerio de R.R. E.E., y fue presidida por el general Jorge Boonen R., militar de visión, quien desde largo tiempo propugnaba el ejercicio de actividades jurisdiccionales en suelo antártico. Muy sensiblemente una tragedia telúrica de serias consecuencias, ocurrida en agosto de aquel año, obligó a postergar indefinidamente el acariciado proyecto de estadistas como los cancilleres Puga Borne y Anto-

nio Huneeus, su sucesor en el Ministerio. El inesperado como fatal contratiempo no afectaba ni disminuía en modo alguno el interés antártico nacional, que sí, por el contrario, había quedado reafirmado por tan importante muestra de voluntad soberana. El Ministro Huneeus, en oficio pasado al Ministro de Marina con fecha 2 de julio de 1906, había puntualizado con precisión los objetivos de a expedición nacional antártica: *"El Gobierno está animado del propósito de hacer efectiva, por todos los medios prácticos a su alcance, la Soberanía que inviste sobre las vastas Islas Australes i sobre el Continente Austral que hasta hoi permanecen aparentemente abandonados, consolidando así por medio de la ocupación sus títulos al dominio de la zona antártica"*[1].

Al formular tales conceptos —que correspondían al pensamiento del Gobierno todo— Chile se adelantaba como la primera nación del globo que planteaba con claridad sus derechos polares y la voluntad de ejercerlos de manera efectiva. Una consecuencia lógica de tal inspiración y decisión fue la gestión diplomática iniciada en 1907 y mantenida durante 1908, por el Dr. Puga Borne, vuelto a la Cancillería, con el Ministro de Argentina en Chile, Lorenzo Anadón. Dicha gestión estuvo destinada a la concertación de un Tratado Complementario de Límites entre las dos repúblicas, a fin de determinar la jurisdicción en el Continente Antártico. Sensiblemente y cuando luego de laboriosas negociaciones el asunto estuvo a punto de concretarse en satisfactorio acuerdo, la renuncia del Canciller argentino, Estanislao Zeballos vino a poner imprevisto término a las gestiones. Si bien tan plausible gestión no llegó a fructificar en un acuerdo, ella quedó como un excepcional precedente de mutuo reconocimiento chileno-argentino de soberanía antártica.

Si de tal modo se había obrado y obraba en el terreno de los negocios públicos y diplomáticos, mucho se había avanzado en tanto en el campo de las realizaciones económicas en materia antártica. En efecto, la Sociedad Andresen, De Bruyne y Cía., que había iniciado la caza pelágica pionera en los mares antárticos, había dado origen por transformación, a una empresa de mayor magnitud, medios y capital: la Sociedad Ballenera de Magallanes, autorizada legalmente por Decreto Supremo Nº 2.905, de 17 de julio de 1906. Esta compañía peticionó y obtuvo del Gobernador de Magallanes, en diciembre de aquel mismo año, la autorización para instalar una base de ope-

[1] Oscar Pinochet de la Barra, *La Antártica Chilena, 2ª edición*. Santiago de Chile, 1976, p. 89.

raciones en territorio antártico para su flota cazadora. Allí en la hía Foster, isla Decepción, después rebautizada con propiedad Caleta Balleneros, surgió a partir de 1907 el primer establecimiento semipermanente de todo el continente austral, la base de la Sociedad Ballenera de Magallanes, cuya dirección operacional estaba encomendada a un marino competente que hubo de ser todo un pionero de la caza pelágica antártica, el comodoro Adolfo Andresen.

La compañía ballenera mencionada operó regularmente en campañas de caza durante los meses del verano austral desde 1906 hasta 1914, y era la más importante y mejor equipada de cuantas operaban al finalizar la primera década del siglo, según lo haría constar el célebre explorador Jean B. Charcot, a quien, por lo demás, la compañía chilena prestó muy estimables servicios y apoyo para sus trabajos científicos. La Ballenera de Magallanes no fue, sin embargo, la única empresa nacional que operó en aguas antárticas. Desde 1911 y hasta 1913 lo hizo también la Sociedad Ballenera de Corral y probablemente la compañía noruega A/S. Pacific, nacionalizada chilena, y con base en San Pedro, Chiloé. De tal modo, balleneros chilenos y noruegos compartieron en pacífica competencia y con provecho la captura pelágica en aguas antárticas hasta los inícios de la primera guerra mundial, contribuyendo aquellos a vigorizar con su presencia y faena cazadora el derecho nacional al territorio polar que enfrenta a América.

Lo someramente expuesto, no agota el historial antártico de los tres lustros más fecundos en actividad nacional. Debemos aún mencionar los aportes científicos y humanitarios para tener un cuadro cabal y completo.

Así, respecto de lo primero, señalamos que el geógrafo Luis Riso Patrón, antes mencionado, al publicar y describir en 1907 el primer mapa sobre la Antártica Sudamericana, hacía un aporte estimable para su conocimiento y progreso cartográfico. Más tarde, en 1910, Fernando Montessus de Ballore, Director del Observatorio Sismológico, y el geógrafo Julio Montebruno, propugnaron en sendos congresos científicos Panamericanos de Santiago y Buenos Aires, y IX Internacional de Geografía de Ginebra, la realización por parte de Chile de estudios y observaciones científicas antárticas.

Por último, en el plano humanitario los chilenos inscribieron con mérito sus acciones en el historial antártico con labores de salvamento reafirmativas de presencia nacional en el sector. La primera de ellas —memorable en los anales polares— tuvo lugar en agosto de 1916 con el rescate desde la isla Elefante del grupo expediciona-

rio de Sir Ernest Shackleton, realizado exitosamente por la escampavía *Yelcho,* de la Armada de Chile. Antes, en julio del mismo año, se había realizado también una expedición de salvamento en la goleta nacional *Emma,* que resultó infructuosa, como otras en vano intentadas por el esforzado explorador británico. En febrero de 1918, finalmente, el vapor *Alejandro,* de la Compañía de Salvatajes de Punta Arenas, especialmente requerida para el caso, realizó con felicidad las operaciones de salvamento del buque-factoría noruego *Solstreif,* encallado en la isla Decepción.

LA QUIETA LABOR DE GABINETE HASTA LA DICTACIÓN DEL DECRETO ANTÁRTICO, 1920-1940

Aquel acto humanitario había de ser, por otra parte, el último que señalaría una presencia activa de Chile en la región antártica. Habrían de pasar casi tres décadas hasta comprobar el retorno —esta vez definitivo— de la actividad nacional.

Pero si ausente del área geográfica meridional, compartiendo una suerte de despreocupación por el lejano continente de la que participaron de hecho todas las naciones interesadas, la República no olvidó sus derechos. Por el contrario, en quieta y meritoria tarea, eminentes ciudadanos, hombres públicos y técnicos se preocuparon de mantener viva la noción de soberanía antártica chilena, a través de distintas acciones, continuando la tradición iniciada con brillo por el tenaz y visionario Dr. Federico Puga Borne, verdadero campeón de los derechos nacionales en el territorio polar. Así, en 1923, en la cátedra universitaria, Miguel Cruchaga Tocornal, internacionalista de nota, proclamaba y defendía la posición chilena, en tanto que Carlos Silva Vildósola, escritor y periodista, exhumaba de repositorios británicos documentos valiosos para mejorar los títulos antárticos del país. Años después, Ramón Cañas Montalva, militar distinguido, comandado en Magallanes, escribía a su turno sesudos artículos que clamaban por la realización de una acción efectiva de dominio polar. Los agentes diplomáticos de Chile en Londres y Washington a su tiempo, ya desde 1915, reunían celosamente antecedentes que informaban o podían servir a la defensa del interés nacional en la materia. Tanta actividad como la recordada, que por fuerza debía trascender, añadida a la condición de vecindad geográfica, hicieron que Chile fuese invitado en 1931 a participar en los trabajos científicos del Año Polar 1932-33, referidos a la climatología antártica, y en 1938, igualmente invitado a participar en la Exposición

Polar de Bergen. Para el primero de los casos, un decreto gubernativo designó una comisión especial integrada por jefes y personal técnico de la Armada Nacional.

Lo anterior, agregado al conocimiento de la variada acción de los primeros lustros del siglo, hubo de servir para que en 1938 el país proclamara públicamente en la Memoria de Relaciones Exteriores, la existencia de intereses chilenos en la Antártica Sudamericana.

Pero no bastaba, se hacía necesario afirmar el derecho histórico definiendo y dando a conocer la delimitación de la jurisdicción nacional en el sexto continente.

La responsabilidad tan trascendente hubo de corresponder al Ministerio de Relaciones Exteriores. El Ministro, don Abraham Ortega, secretario en dicha cartera del Presidente Pedro Aguirre Cerda, encomendó en septiembre de 1939 al profesor Julio Escudero Guzmán la compulsa y estudio de los antecedentes que debían informar el derecho histórico de Chile al territorio polar y sus aguas adyacentes. En abnegada dedicación que tomó largo tiempo se exhumaron documentos e informaciones y datos que en su conjunto resumían una historia de más de cuatro siglos y que conformaban otros tantos y buenos títulos que daban solidez al derecho reclamado por la República. Así entonces tuvieron fundamento y origen tres decretos referidos a la materia antártica, uno de los cuales, el ya famoso Decreto 1.747, de 6 de noviembre de 1940, del Ministerio de R.R. E.E., suscrito por el Presidente Aguirre Cerda y su Ministro en el ramo, Marcial Mora Miranda, fijaba la delimitación precisa del Territorio Antártico Chileno, a manera de colofón que coronaba la primera etapa histórica de tanta acción y preocupación en torno al mismo.

Con este acto trascendente se consolidaba el dominio antártico de Chile y se daba inicio a otra etapa que estaría señalada por la ocupación efectiva y pacífica del patrimonio polar nacional y su estudio y conocimiento científico para provecho de toda la humanidad.

BIBLIOGRAFIA

MARTINIĆ B., M., 1972a. *¿Qué hacer en la Antártica?* PUBLICACIONES DEL INSTITUTO DE LA PATAGONIA. Serie Monografías, Punta Arenas (Chile), Nº 5, 10p.

————, 1972b. Nuevos antecedentes sobre actividades nacionales en el territorio antártico durante las primeras décadas del siglo XX. ANS. INST. PAT., Punta Arenas (Chile), III 1-2): 30-47.

————, 1973a. Otros antecedentes para el historial antártico de Chile. ANS. INST. PAT., Punta Arenas (Chile), IV (1-3): 71-76.

————, 1973b. Actividad lobera y ballenera en Magallanes y Antártica, 1868-1916. *Revista de Estudios del Pacífico,* Nº 7: 7-26.

————, 1975a. Adolfo Andresen, pionero de la caza ballenera chilena. *Boletín Informativo* Nº *5,* Instituto Antártico Chileno: 7-14.

————, 1975b. La visionaria preocupación antártica del Dr. Puga Borne. *Boletín Informativo* Nº 6, Instituto Antártico Chileno: 8-12.

————, 1975c. Actividad lobera y ballenera en la Antártica americana entre 1904 y 1927. *Boletín Informativo Nº 8,* Instituto Antártico Chileno: 15-20.

————, 1975d. Cronología Antártica Chilena. *Boletín de Difusión* Nº *8,* Instituto Antártico Chileno: 5-13.

NORDENSKJOLD, O., Preliminary report of the origin, plan and general progress of the Swedish Expedition to the Magellan Territories in 1895-97. *Svenska Expeditionen Till Magellans länderna,* BD. I, N: 01.

PINOCHET DE LA BARRA, O., 1976a. *La Antártica Chilena.* Editorial Andrés Bello, Santiago de Chile. 208 pp.

————, 1976b. Recuerdos del Decreto Antártico de 1940. *Revista de Difusión,* Nº 9, Serie Difusión, Instituto Antártico Chileno: 30-34.

————, Los treinta años de la base Arturo Prat. "El Mercurio", Santiago de Chile.

POPPER, J., 1889. Carta al Secretario de la Sociedad Geográfica Rumana, de fecha 1º de marzo de 1889. En *Revista Humanidades,* tomo XXXV (1960), pp. 18-21. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, Universidad Nacional de La Plata.

PUGA V., M., Vida del Dr. Federico Puga Borne. (Inédito).

VALENCIA A., L., 1976. O'Higgins, la Geografía, John Thomas y la Antártica. *Revista de Difusión,* Nº 9, Serie Difusión, Instituto Antártico Chileno: 7-24.

EL MARCO GEOGRAFICO DEL DESARROLLO ANTARTICO

Sergio Sepúlveda González
Profesor del Departamento de Geografía de la
Universidad de Chile

El desarrollo geográfico de un territorio responde a una concepción integradora y planificada del espacio tendiente a reconocerlo, prospectarlo, aprovecharlo en forma racional, vincularlo dinámicamente con otras áreas, en definitiva organizarlo adecuadamente para facilitar la subsistencia de los grupos humanos y asegurar un alto nivel a su calidad de vida. Un modelo de desarrollo o un concepto de desarrollo de este orden necesariamente enfatizará una dimensión geográfica o espacial y analizará en una medida importante aquellas relaciones o flujos entre los hombres y su ambiente que se estimen como primordiales para caracterizar y explicar los niveles de existencia alcanzados en determinado territorio. El concepto es integrador, porque en función del medio geográfico, apunta más allá del enfoque analítico/vertical, puramente econométrico, biológico, geológico o psicológico para poner algunos casos y es ordenado, porque admite la posibilidad de inducir el desarrollo, de planear los cambios y ofrecer alternativas y orientaciones acerca de la estructuración y administración del espacio.

El desarrollo geográfico representa también una respuesta, se podría decir apasionante, para territorios que constituyen un "anecúmene" perfecto o están dominados absolutamente por la naturaleza como ocurre de una manera típica con el continente antártico o con la Antártica Chilena. En efecto, por el insólito rigor de sus condiciones físicas extremas, el espacio polar meridional, plantea un desafío específico de desarrollo que requiere la definición de un nuevo esquema de colonización, de una nueva modalidad de implantación humana y de un visionario y consistente modelo de desarrollo, que al parecer no tiene precedentes en la historia de la ampliación del ecumene terrestre. El desafío antártico, asume las características de una empresa trascendental y casi excesiva especialmente en el caso de los países en vías de desarrollo que están presentes en el continente helado, puesto que deben asignar una cuota realmente extraordinaria de sus recursos y energías de desarrollo para conocer y prospectar científicamente el territorio y consolidar una posición antártica, en competencia desigual con las grandes potencias

y bajo el imperativo de promover fórmulas y métodos viables y rentables para suplir en parte las tecnologías de implantación austropolar que manejan los países industrializados.

La presente comunicación examina y sigue un poco en el tiempo la experiencia o respuesta chilena en la Antártica con miras a una mayor hegemonía humana y en un contexto prospectivo de desarrollo de esta nueva frontera territorial. En la apreciación de este esfuerzo se ponderan las necesidades primordiales y de orden geográfico que inciden en la presencia nacional en el continente antártico y las diversas variables que gravitan en el desarrollo de este vasto sector del país.

I. EL TERRITORIO: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS CLAVES

El espacio antártico chileno se enmarca matemáticamente en el ángulo que, a partir del Polo Sur, forman los meridianos 53° y 90° de longitud oeste. La superficie de este sector de la Antártica (1.250.000 Km. cuadrados) excede apreciablemente la dimensión latinoamericana del país, que engloba 756.000 km. cuadrados, correspondientes a lo que nosotros con cierta impropiedad llamamos *Chile Metropolitano*. En el conjunto de todo el territorio nacional, la Antártica representa el 62,3%, lo que de inmediato aporta una idea en cuanto a la magnitud de las responsabilidades que debe encarar el país con miras al desarrollo y administración racional de un espacio tan extenso y de características tan especiales.

El avance cartográfico. El reconocimiento y fijación en mapas y cartas de los rasgos más relevantes del medio es una de las primeras responsabilidades ligadas al desarrollo de cualquier territorio. En el sector antártico el esfuerzo sistemático por cubrir cartográficamente el espacio es compartido por dos organismos oficiales: el *Instituto Geográfico Militar,* para los levantamientos que se efectúan en el territorio continental, y el *Instituto Hidrográfico de la Armada,* para los levantamientos que se realicen en las costas, fondeaderos, plataformas marinas y mares adyacentes. La labor que desarrollan ambas instituciones se inspira en las pautas de cooperación científica establecidas en el Tratado Antártico y en lo técnico tiene en cuenta los criterios y normas propuestos por el Grupo de Trabajo en Cartografía y Geodesia del SCAR. En efecto, el programa científico de este grupo, considera entre otros aspectos la complementación del levantamiento cartográfico de la Antártica a distintas escalas (mapas generales desde 1 : 3.000.000 hasta 1 : 40.000.000; y mapas topo-

gráficos a escala 1 : 1.000.000; 1 : 500.000; y 1 : 250.000), el empleo en dichos mapas de los símbolos aprobados por el SCAR, el uso en lo posible de la proyección polar estereográfica, de escalas lineales en kilómetros, de curvas de nivel de 500 metros, etc.

El Instituto Geográfico Militar, creado en 1922, contribuye a este programa con la preparación de la carta nacional de la Antártica a escala 1 : 500.000, principalmente por método de compilación. Este levantamiento compuesto hasta ahora por 32 hojas publicadas abarca aproximadamente el territorio de la Península antártica y sus islas adyacentes, comprendido entre los paralelos 60° y 76° sur y entre los meridianos delimitadores 53° y 90° de longitud oeste. Asimismo, el Instituto ha preparado una cartografía de mayor detalle, mediante observaciones y mediciones topográficas, geodésicas y gravimétricas que aprovechan pilares astronómicos ad hoc, en áreas próximas a las bases antárticas y en diversos puntos que interesan de un modo especial a los actuales asentamientos humanos. Es el caso, por ejemplo, de Isla Greenwich, Isla Wiencke, Bahía Margarita, Isla Decepción, etc., que están cubiertas con croquis y levantamientos por compilación y expeditos a diversas escalas desde 1 : 10.000 hasta 1 : 100.000. De Isla Decepción el Instituto posee una cubierta de fotografías aéreas a escala 1 : 50.000, y en virtud del intercambio científico que propicia el Tratado Antártico, dispone también de fotografías de toda la Península Antártica y de una nutrida recopilación de cartas y levantamientos expeditivos elaborados por diversos países signatarios del Tratado, susceptibles de ser utilizadas en la restitución cartográfica.

La principal preocupación del Instituto, en este momento, consiste en reunir la información cartográfica suficiente para establecer una red básica por poligonación y determinación de coordenadas con miras a elaborar una cartografía regular a escala 1 : 250.000.

El Instituto Hidrográfico de la Armada, creado en 1874, participa también desde 1947 en el "barrido cartográfico e hidrográfico" del casquete polar. Los levantamientos cubren de preferencia las áreas litorales y las profundidades marinas ribereñas al extremo septentrional de la península antártica y se materializan en cartas generales a escala 1: 50.000, en cartas especiales para la navegación a escala 1 : 20.000, y en cartas batimétricas de las bahías adecuadas para fondear, a escala 1 : 10.000. Esta labor cartográfica es obra de comisiones antárticas que efectúan observaciones en el terreno mismo, y que emplean también fotografías aéreas, las que son complementadas con la información de satélites.

En la actualidad, la superficie cubierta, equivale aproximadamente a un 20% de las áreas litorales y oceánicas adyacentes al extremo norte de la Tierra de O'Higgins. La importancia práctica de estos levantamientos es muy apreciable en la medida que señalizan con gran precisión técnica las profundidades, las corrientes y los escollos que interesan a la navegación en un ámbito geográfico que depende vitalmente de este medio de transporte.

Aparte de la labor de las dos instituciones nombradas, no podríamos dejar de mencionar la contribución de los geodestas de la Universidad de Chile, operando especialmente el Pilar Astronómico, en el triángulo Punta Spring, Isla Barros y Punta Charles, y apoyando con el método aerofotogramétrico el estudio glaciológico del Glaciar Cayley. En suma, el levantamiento cartográfico, todavía muy preliminar y parcial del territorio antártico chileno, guarda relación, al parecer, con el actual grado de implantación humana y es reflejo, posiblemente, de una limitación de recursos propia de los países en vías de desarrollo. Parece deseable que un impedimento de esta naturaleza sea superado en el futuro y que por la vía de la cooperación científica antártica se acceda a los modernos procedimientos que operan los países más evolucionados (observaciones por satélites del tipo experimental "Dopplen" y "Erts" de programa del USARP, por ejemplo), en función más particular propios programas de investigación y en procura de una mejor calificación de los especialistas en investigación antártica.

El análisis geográfico del territorio. Con una honestidad no exenta de preocupación debo reconocer que hasta ahora no se ha llevado a cabo un análisis propiamente geográfico y verdaderamente exhaustivo del territorio antártico chileno. Las razones de esta situación son diversas, pudiéndose destacar entre ellas la insuficiencia de geógrafos especializados en la investigación polar y la falta de oportunidades para adquirir una experiencia antártica de terreno. En verdad, muy pocos son los geógrafos nacionales que han tenido el privilegio de trabajar científicamente en la Antártica durante una estada en la breve temporada de verano. No obstante, importa destacar que un geógrafo de la Universidad de Chile estuvo presente en las actividades pioneras de implantación antártica por los años 1947 y 1948. De esa participación quedaron las primeras observaciones geomorfológicas de las costas antárticas que, entre otras cosas, establecieron las marcadas diferencias de las formas litorales existentes en las dos vertientes de la península antártica, la interesante analogía de las costas e islas que miran hacia el mar de Bellingshausen

con las costas de fiordos de la Patagonia occidental, la compleja evolución de las costas englaciadas sujetas a la interacción de las dinámicas glacial y oceánicas, y el apreciable valor de las costas bajas no englaciadas para las posibilidades de los asentamientos humanos fijados en función de la accesibilidad y el apoyo desde el mar. Debido a las dificultades ya señaladas, el análisis geográfico del espacio antártico nacional se hace de manera indirecta, utilizando la información que aportan principalmente las investigaciones que se cumplen en el área de las ciencias físicas o naturales, las cuales, por razones obvias, están en mejor posición o tienen una explícita precedencia en los programas de investigación del "hecho antártico".

Por tratarse de ciencias auxiliares o afines, la geografía puede entrecruzar espacialmente diversas variables y resultados con el objeto de conformar una síntesis coherente que nos parece será *prerrequisito* de cualquier desarrollo antártico.

En cuanto a los fundamentales aspectos humanos del enfoque geográfico, la experiencia personal y grupal de los hombres antárticos tiene un inapreciable valor de testimonio para la investigación científica. Esta vivencia azarosa en un medio insólito para el común de los hombres, sirve de base precisamente a los aspectos centrales de la presente comunicación.

Un balance necesariamente muy somero de este esfuerzo de integración espacial de los conocimientos físicos sobre el sector antártico chileno nos permite señalar los siguientes rasgos más relevantes.

Estructura del territorio antártico chileno

La estructura del territorio antártico en el sector chileno forma parte de la llamada Antártica Occidental (Península Antártica, Tierra María Byrd y Tierra Victoria), que en contraste con el complejo geológico oriental se distingue por el carácter menos antiguo y la notoria inestabilidad tectónica de sus materiales constitutivos. Las rocas sedimentarias y volcánicas son predominantes en esta parte, pero los intrusivos cristalinos también intervienen en un estilo estructural que presenta visibles analogías con el sistema de los Andes meridionales de Sudamérica.

El eslabón geológico y anográfico entre la gran unidad andina y la península Antártica está constituido por la dorsal en gran parte sumergida del Arco de Escocia.

El reconocimiento realizado por los geólogos nacionales en sus campañas regulares de verano, ha hecho posible la caracterización

de una relevante secuencia sedimentaria marina y continental desarrollada a lo largo del mesozoico y de otras unidades sedimentáreas correspondientes al Terciario. La potencia de los sedimentos fluctúa entre 500 y 3.000 metros por lo menos, en el tramo insular subantártico que se extiende entre las Shetland del Sur y la isla de James Ross, en el mar de Weddell. En la misma área los estratos sedimentarios, al parecer, tienen una significación económica potencial, debido a la similitud de algunos materiales con las areniscas petrolíferas de Sprinhill.

El volcanismo funcional y el tectonismo de bloques dan testimonio de la inestabilidad geológica de la Antártica Occidental en oposición con el macizo antiguo, cristalino y rígido que distingue al sector oriental del continente. La debilidad de la corteza que registra una buena porción del territorio antártico chileno, permite asociarlo con otras distantes regiones que tampoco han completado su evolución orogenética (v. gr. altiplanicie mexicana, Centroamérica y América Caribe). Desde este punto de vista, en nuestra Antártica, al igual que en las regiones indicadas, todavía se construyen formas y edificios volcánicos. Acciones eruptivas recientes han producido, en efecto, bruscos cambios geológicos y geomorfológicos que en definitiva han llegado a afectar catastróficamente los asentamientos humanos. Es el caso de la base Pedro Aguirre Cerda, que debió ser abandonada el 4 de diciembre de 1967, a consecuencias de una intensa actividad volcánica submarina que se desencadenó en la Isla Decepción. El fenómeno dejó como secuela la aparición de varios cráteres nuevos, la formación de una isla con materiales efusivos, (isla Yelcho) y de un Mar litoral. Una erupción parecida determinó en 1969, en la misma área volcánica, la destrucción de la base inglesa John Biscoe.

El reconocimiento geológico de la Antártica aparece como una tarea fundamental para el desarrollo del territorio polar austral, puesto que está íntimamente ligado a la prospección exitosa de los recursos no renovables existentes en la región. En el sector chileno estos recursos, conocidos en gran parte gracias a la labor de los geólogos, consisten principalmente en hierro, cobre, (Isla Anvers y Archipiélago de Palmer), calizas (Isla Livingstone, Alejandro I y James Ross); carbones del tipo antracita en las montañas transantárticas, petróleo y gas englobados en los sedimentos terciarios de las plataformas continentales, fuentes geotérmicas, etc. Muy plausible y práctica es, en consecuencia, la iniciativa del Programa de Investigación Científica del INACH, de facilitar el estudio geológico del territorio

antártico, considerando especialmente el establecimiento de correlaciones significativas con las unidades sedimentarias magallánicas que interesan a la valorización de los hidrocarburos, del gas y de otros recursos mineros.

La elección, en este sentido, del área piloto del Estrecho de Gerlache y costa de Danco, particularmente trabajada por los geólogos de la Universidad de Chile y del Instituto de Investigaciones Geológicas, nos parece de sumo interés práctico para un esquema de futuro desarrollo mineralógico antártico.

La geomorfología antártica

La geomorfología antártica corresponde más exactamente a una generalizada glaciología. En efecto, con excepción de los sectores litorales, de las plataformas continentales, de los "oasis" o terrenos subantárticos despejados de hielo, y de los grandes ejes orográficos que plantean las mayores elevaciones y que actúan como divisoria estructural y divisoria de glaciares (v. gr. Antartandes o montañas Transantárticas), no se puede hablar con propiedad de formas del terreno o de una evolución del relieve que no sea absolutamente dependiente de la acción glacial o en su defecto se encuentra matizada en parte por la dinámica marina en el caso de las formas litorales como se ha señalado anteriormente. En estas condiciones, la geología deja sentir su influencia en las costas, en la meseta oriental y, sobre todo, a lo largo de las importantes montañas transantárticas, principalmente por intermedio de la estructura profunda y de la disposición tectónica que acoge el manto glacial en lugar de la acción deferencial de tipo subaéreo que distingue, generalmente, a las zonas y evolución del relieve en las zonas extrapolares. Esta influencia orográfica de la base rocosa fundamental se advierte de un modo preferente en la altitud que tienen las citadas montañas transantárticas en el sector chileno (montes Andrew Jackson, Coman, de 3.660 m; Sweeney, Haag, Centinela Ulmer, de 3.810 m, etc.).

Para el estudio de la morfología glacial, la Antártica chilena y, especialmente, la Península Antártica, constituye un laboratorio extraordinario por su condición de eslabón entre las glaciaciones andinas sudamericanas y los casquetes de hielo continental antárticos. Las experiencias nacionales, en este gran laboratorio natural, son necesariamente muy puntuales, y de hecho las investigaciones, más glaciológicas que morfológicas, han sido responsabilidad de equipos

restringidos de no más de cinco o seis especialistas laborando principalmente durante el verano antártico. En virtud de este esfuerzo se dispone de un acervo de observaciones relativas al balance glacial y energético, a la dinámica y deformación del hielo, estratigrafía nival, a la composición isotópica de las precipitaciones nivosas, etc. En el último tiempo, el interés de las investigaciones se ha centrado en la costa de Danco, Punta Spring, pero también el campo de estudio se ha extendido hacia sectores de la provincia de Magallanes (Península Muñoz Gamero, Seno Skyring), con el propósito de establecer correlaciones significativas entre los fenómenos glaciales de ambas regiones.

En cuanto a la geomorfología submarina, el reconocimiento de las plataformas continentales, tanto bajo el mar de Bellingshdusen en el Estrecho de Bransfield, y bajo el mar de Weddell, ha pasado a tener una consistente importancia a raíz de su virtual riqueza en hidrocarburos (Isla James Ross). La existencia de elementos polimetálicos, ligados al medio marino (nódulos de manganeso, hierro y níquel), refuerza igualmente este interés por el estudio del zócalo submarino, de su geología y de las condiciones oceanográficas de la franja de aguas que lo cubre. Al parecer, cada vez es más claro que los recursos de la plataforma continental decidirán el futuro desarrollo productivo de la Antártica.

CLIMATOLOGÍA ANTÁRTICA

La climatología del territorio chileno antártico está en vías de ser sistematizada a partir de las observaciones meteorológicas regulares que han efectuado nuestras bases desde el momento mismo de su primera instalación. Esta labor se reafirmó en 1955 con la creación de la base meteorológica Pedro Aguirre Cerda; se hizo más consistente desde el año Geofísico Internacional hasta convertirse en un programa permanente de investigación atmosférica al crearse el Centro Meteorológico Regional Antártico de la Base Presidente Frei, el 7 de marzo de 1969 (Isla Rey Jorge). Información que es complementada con las observaciones de las Bases Prat y O'Higgins. Debido a estos aportes, conocemos con bastante exactitud la dinámica de la atmósfera y los rasgos esenciales del clima subpolar que prevalece en las áreas donde están emplazadas las bases nacionales. La ampliación del conocimiento meteorológico fue facilitando un importante cambio de ideas sobre la climatología antártica, que puede seguirse en los informes de las diversas operaciones anuales en el medio polar.

Así, por ejemplo, en 1957, con relación al desplazamiento de los frentes, se esclarecía ya en forma bastante definitiva que la meteorología continental (Evangelistas) era la que ayudaba más a los pronósticos del tiempo en las islas Shetland y en la Tierra de O'Higgins, que las observaciones en la propia Antártica. La información más completa que se maneja hoy en día no desdice la anterior, pero identifica adecuadamente diversas zonas de flujos de masas de aire seco y frío desplazándose hacia el exterior (Tierra Victoria, Tierra de O'Higgins y occidente de Tierra Enderbery), y otras de aire relativamente cálido y de alta atmósfera que se desplaza hacia el interior de la zona polar.

En este esquema dinámico funcionan los tres tipos de depresiones que afectan todo el año a las islas Shetland y a la Tierra de O'Higgins, y que tienen las siguientes procedencias: depresiones del noroeste, que se originan en el Pacífico Austral, se observan en la estación de Evangelistas, y luego cruzan el mar de Drake para tocar la Península Antártica; depresiones de tipo circular, generadas en el paso de Drake, y que no afectan al Cabo de Hornos; depresiones generadas al sur de la Tierra de O'Higgins, en las vecindades del mar de Ross y en movimiento hacia el mar de Weddell. Todas estas depresiones experimentan el efecto orográfico al tocar la Tierra de O'Higgins, lo que determina una mayor duración de los efectos frontales en el lado occidental de la península.

En consonancia con su carácter de territorio permanentemente helado, los promedios térmicos de la Antártica chilena son del orden de $-2^{o}C$ en las islas Shetland y de $-6^{o}C$ en la latitud de Bahía Margarita. La isoterma de verano en las mismas áreas es de $1^{o}C$ y de $0^{o}C$, respectivamente, en tanto que la isoterma de invierno es de $-7^{o}C$ en las Shetland y de $-14^{o}C$ en Bahía Margarita.

Una significativa disimetría térmica se observa también en ambas vertientes de la Tierra de O'Higgins y sus mares ribereños, puesto que las temperaturas del lado oriental son notoriamente más frías que las de la parte occidental.

Conforme, así mismo, con la frialdad definitoria del medio polar, las precipitaciones en el territorio chileno antártico son predominantemente nivosas. No obstante, en las Shetland y en la sección norte de la Tierra de O'Higgins, son las lluvias en los meses de verano, caen con cierta frecuencia, especialmente en los meses de verano, como en el caso anterior, en la vertiente occidental de la península antártica, a la desarmonía térmica ya descrita, se agrega la desarmonía de las precipitaciones por efecto del relieve sobre las masas de

aire con trayectoria oeste a este. Esta circunstancia, como en otros aspectos, prolonga en la Antártica una característica que singulariza a la Patagonia occidental.

Las observaciones climatológicas registradas en el Centro Meteorológico de la Base Presidente Frei, proporcionan desde su creación una base científica verdaderamente sistemática para caracterizar los rasgos del clima subpolar que enmarca nuestra presencia antártica.

Aspectos biogeográficos

El recuento sumario de los rasgos fundamentales del territorio antártico no podría dejar de lado los aspectos biogeográficos y las apreciaciones de las comunidades bióticas antárticas, que han sido estudiadas preferentemente por grupos de especialistas de las universidades chilenas. En este dominio la investigación nacional (Universidad de Concepción) ha orientado su esfuerzo principalmente hacia el conocimiento de las comunidades bentónicas de las islas Shetland, en particular en el área de Bahía Foster en Isla Decepción, donde ocurren interesantes cambios faunísticos y del hábitat marino, debido a la continua actividad volcánica referida con anterioridad. En años recientes, científicos de la Universidad Austral de Valdivia han llevado adelante estudios sobre la ecología de los peces en Bahía South, que pretenden condensar gráficamente en un mapa de distribución microgeográfica y batimétrica especies recolectadas y analizadas. El mismo equipo ha pesquisado las características vitales y las migraciones de las aves antárticas; especialistas de la Universidad Católica de Santiago han tenido a su cargo el análisis de las comunidades de invertebrados marinos de la zona de marea en la Antártica; por su parte, botánicos de las Universidades de Chile y Católica de Valparaíso, enfrentan el estudio de musgos y líquenes y su posibilidad de aplicación en el campo de los antibióticos en el área de caleta Ardley y en la Isla Rey Jorge. Vale la pena hacer resaltar que estas observaciones ecológicas y sistemáticas sobre estas vegetaciones antárticas datan desde las primeras instalaciones chilenas en este medio, de modo que ellas no han sido ajenas a la preocupación de las dotaciones de las bases. Conviene recordar al respecto la temprana y frustrada tentativa del grupo de Tarea Antártica de 1947/48 por aclimatar líquenes, musgos y algas traídos desde Yendegaia en Chile Metropolitano (caleta Ferrari, latitud 55° sur y longitud 66°55' oeste). La experiencia, puramente empírica, se consideró oficialmente fracasada al reconocerse el área de las plantaciones durante la VI Operación Antártica de 1951/52.

En el campo de la investigación aplicada de las comunidades bióticas útiles al hombre en un plazo eventualmente corto y a una escala masiva, no podemos dejar de enfatizar la enorme importancia que deberán tener para el país los resultados de la expedición organizada por el IFOP en el verano de 1975 en el pesquero de alta mar "Valparaíso", con fines de prospección, pesca experimental y almacenamiento del krill antártico (*Euphasia superba*).

Los hombres antárticos y la difícil identificación con el territorio.

El balance de las condiciones físicas y bióticas del sector antártico chileno y del conjunto de la Antártica, nos indica que es un anecúmene perfecto, donde los grupos humanos no pueden sobrevivir permanentemente sin recurrir a elementos y tecnologías especiales de protección del medio ambiente natural. Los especialistas europeos y americanos del ámbito polar y austral emplean con propiedad la expresión de tierra frígida, y un literato chileno definió también, expresivamente, a la Antártica: "como el continente de los hombres solos", para enfatizar el carácter repulsivo de las tierras heladas y aisladas del casquete polar. Pero más allá de las figuras metafóricas, que son superadas por la realidad, al desarrollo geográfico le interesa subrayar el hecho de que la Antártica plantea en nuestros días un desafío de colonización que no tiene precedentes en toda la historia de la humanidad, debido al permanente problema de la sobrevivencia y de la falta de solidaridad con el medio. En oposición al Artico, nunca existió aquí un género de vida fundado en la asociación o trilogía vital entre líquenes, renos y los grupos lapones y esquimales, por ejemplo, de manera que todos los magros elementos poblantes son modernos y ajenos al medio polar. A diferencia de las fronteras de poblamiento características de las zonas extrapolares, la implantación antártica carece de motivación espontánea, de incentivos económicos inmediatos a partir de la explotación especulativa de ciertos recursos básicos, de posibilidades ciertas de desarrollo de rubros de autosubsistencia ligados al medio continental, de migraciones llamativas de población, etc. En consecuencia, el actual modelo de ocupación humana es imperativamente *inducido* en función, en primer término, de esquemas geopolíticos y subsidiariamente de propósitos económicos a largo plazo con miras al abastecimiento de las regiones extrapolares. El desafío está planteado, y la respuesta, necesariamente desigual, dependerá de los niveles de desarrollo, de la capacidad de recursos, y de tecnología y de la desafiante imagina-

ción con que cada país encare la "aventura antártica" en el contexto de ese fundamental mecanismo jurídico que es el Tratado Antártico.

II. EL HABITAT ANTÁRTICO

La respuesta nacional: el hábitat antártico. Nuestro país posee en la actualidad cuatro bases antárticas permanentemente ocupadas y activas desde el punto de vista científico, y cinco refugios temporalmente ocupados, que permiten la sobrevivencia y el trabajo de alrededor de cincuenta personas. En cuanto a las posibilidades de administración y manejo del espacio antártico, estos asentamientos humanos son periféricos, rasgo que, por lo demás, constituye la regla general, en el continente, salvo para las instalaciones de las grandes potencias.

Geográficamente, nuestras bases se encuentran en una posición prácticamente subantártica, considerando que la más austral de ellas, la General Bernardo O'Higgins, se emplaza desde 1948 en los 63°19' sur, y que el refugio temporal, ubicado más al sur, es el Comodoro Guesalaga en los 67°47' sur. Como patrón de poblamiento efectivo, este hábitat antártico es hoy en día más restringido en el espacio y menos denso en dotaciones humanas que años atrás. El rigor y la peripecia antártica explican en parte esta pérdida de importancia como ya se ha insinuado. La base científica Luis Risopatrón, levantada especialmente durante la operación Antártica 1956/57 al lado de la Base O'Higgins para apoyar las pesquisas del Año Geofísico Internacional, fue devastada enteramente por un incendio en 1958; la Base Pedro Aguirre Cerda fue destruida por las erupciones volcánicas en 1967, y la Base Presidente Gabriel González Videla, creada en 1951, en la Tierra de O'Higgins, se encuentra inactiva; siendo precisamente la de ubicación más austral, 64°49' latitud sur.

La materialización del habitat antártico implica una primera respuesta vital y un hecho de hegemonía humana sobre el medio polar, que trasunta una adecuada elección del lugar de emplazamiento de la estación, el manejo de tecnologías, de nociones arquitectónicas y de apoyos logísticos dirigidos a asegurar la sobrevivencia y a vencer el aislamiento impuesto por el largo invierno polar. En el caso chileno, ha implicado la importación de patrones de confección propios de la tradición urbanística nacional y la adaptación sucesiva y actual de las bases al medio polar a través del tiempo y con oportunidad de cada operación antártica. El quehacer de esta experiencia

acumulativa ha ido facilitando y permitido perfeccionar la respuesta desde la instalación en Puerto Soberanía de la Base Capitán Arturo Prat, desde el 6 de febrero de 1947 a la fecha. Esa construcción consistió simplemente en una caseta metálica rectangular de 82 metros cuadrados de superficie destinada a dormitorio, living, escritorio y comedor, además de un departamento para la radioestación y otro para los baños, vale decir, la superficie y una concepción arquitectónica comparable a la de una casa de clase media de cualquiera de las ciudades del centro del país. A la caseta metálica se adicionan curiosamente una caseta de madera de 16 m^2 para cocina y una caseta, también de madera, de 44 metros cuadrados para sala de motores, taller y despensa (20 metros cuadrados). En el exterior se situaron los depósitos de combustible, los estanques y desagües. Durmientes de ferrocarril se emplearon para construir un varadero que sirviera para embarcaciones menores y sacar a tierra aviones con flotadores.

El proceso de adecuación imaginativa al medio antártico se observa típicamente al crearse la Base O'Higgins en 1948, consistente también en una casa metálica desarmable diseñada *originalmente para un clima tropical,* pero muy mejorada por la experiencia obtenida en cuanto al sistema de ventilación y descarga de aire.

En líneas generales, la evolución del hábitat antártico ha operado mediante sucesivas ampliaciones y tiene transformaciones de las bases, que, respetando el diseño primitivo, han procurado crear condiciones más confortables, tendientes sobre todo a facilitar un equilibrio entre las necesidades colectivas de la vida en grupo en un ambiente reducido (importancia del living-comedor o sala de estar) y de las exigencias de privacidad de las personas individuales (dormitorios divididos en celdas unidas por un pasillo con closet separados).

Las condiciones de seguridad y de operacionalidad gravitan desde el momento mismo de la elección del lugar de ubicación de la base. En este aspecto son requisitos esenciales la suficiente altitud sobre el nivel del mar, que coloque a la estación al resguardo de mareas anormales, de olas producidas por derrumbes de témpanos, posibilidades de desembarco, fondeaderos bien protegidos y de aguas poco profundas para evitar la entrada de témpanos de grandes dimensiones, facilidades de desembarco, ausencia de pendientes fuertes que impliquen peligros de rodados o aludes de nieve; disponibilidad de focas y pingüinos en la cercanía, que aseguren la alimentación en caso de emergencia, facilidades de aprovisionamiento, condiciones para el amarizaje de aviones, etc. Los refugios de madera en la proximidad para situaciones de emergencia, y a veces los faros, que

guían la navegación (Base O'Higgins), son también elementos importantes para la sobrevivencia antártica.

La adaptación humana al medio polar. La insólita frontera antártica plantea al hombre racional problemas específicos de adaptación fisiológica y psicológica, que al parecer, no han sido seguidos científicamente o, en su defecto, son difíciles de documentar. La magnitud de esta situación problemática se precisa mejor si se tiene en cuenta que las dotaciones antárticas están constituidas en su mayoría por el hombre de Chile central, templado; históricamente poco propensos a migrar de no existir incentivos económicos ciertos, susceptibles de ser valorizados en gran escala (v. gr. la frontera del salitre en el desierto del norte en el siglo pasado; enclaves cupríferos en la actualidad).

La selección adecuada y la preparación de estos hombres que deben enfrentar el inclemente medio antártico, adquiere una relevancia vital. No obstante, el proceso selectivo, en manos del Departamento de Psicología de la Universidad de Chile hasta 1975, hoy en día, no está centralizado en un solo organismo, dependiendo de los departamentos antárticos de las distintas ramas de las Fuerzas Armadas, los que en todo caso aplican con tal objeto las baterías de test standard usuales para medir y determinar los rasgos de inteligencia general, de aprehensión de relaciones y las actitudes diferenciales de la personalidad de los futuros hombres antárticos. En algunos casos, como el de la dotación de la Base Capitán Arturo Prat, la selección se completa o perfecciona prácticamente con un año de convivencia y preparación preantártica, que incluye los aspectos físicos y psicológicos.

Nuestro interés en los problemas de adaptación que complican la identidad con el territorio de los grupos humanos, especialmente durante el riguroso período de invernación, nos ha llevado a reunir antecedentes y pesquisar preliminarmente la situación por medios de entrevistas y conversaciones con diversos miembros integrantes de las bases chilenas y con especialistas interesados en estos aspectos de la vida polar y con alguna experiencia antártica[2].

Las reacciones obtenidas o sugeridas son coincidentes en general, en que a pesar del riesgo y del esfuerzo que implica, la estada en el medio polar austral, la experiencia antártica es extraordinariamente

[2] Agradecemos al respecto a las autoridades de los distintos departamentos antárticos de las Fuerzas Armadas, al psicólogo de la Universidad de Chile, Jon Jorge Echeverría y a los ayudantes alumnos, Raúl Mezzano, Jacques Patri y Patricio Contreras que nos ayudaron en nuestra labor.

valiosa desde un punto de vista personal, profesional y desde el punto de vista de la afirmación nacional en esta parte del mundo. En lo particular, las respuestas aprecian especialmente la compensación económica importante que estimula la decisión de participar en las actividades antárticas durante un año.

El análisis preliminar de la información reunida, y que esperamos completar e interpretar mejor en un futuro próximo, nos permite destacar la siguiente situación:

— El problema que está en la base de la experiencia antártica es el del aislamiento y de la convivencia forzada en una microsociedad incompleta, cerrada, heterogénea en su composición social, pero notablemente homogénea en sus roles y funciones durante la larga invernación antártica. La situación se encara y se resuelve más o menos satisfactoriamente a través de un intenso programa de actividades, una incesante rotación en los roles de trabajo (salvo en las tareas especializadas de la investigación científica), una adecuada utilización del ocio o del tiempo libre (lecturas, juegos de salón, cursos de idiomas grabados en disco, excursiones o paseos durante los períodos de buen tiempo, etc.), y, sobre todo, mediante contactos o comunicaciones radiales con sus familias, de media hora de duración y hasta dos veces por semana.

— Los problemas de inadaptación psicológica seria, vale decir, de rupturas del equilibrio de la personalidad por influjo del medio, o lo que en la experiencia polar de otros países, se conoce como "síndrome de invernación", es muy raro en las bases chilenas. Lo usual son las neurosis y los estados depresivos transitorios, que son enfrentados con el consejo de los jefes de las bases, con la ayuda del enfermero, la terapia de grupo y, en casos especiales, con indicaciones médicas desde el continente, puesto que las bases no poseen ni médicos ni psicólogos. Estas situaciones se compensan en las bases chilenas con la vigencia de un ambiente de jovialidad y de broma que ha llamado la atención de los psicólogos en la medida que puede atentar también contra la privacidad de sentimientos y contra la convivencia normal. En el Centro Meteorológico Presidente Frei, existe un breve recorrido llamado "avenida de las terapias", que refleja un poco el espíritu con que se enfrentan los casos en una situación psicológica relativamente "benigna". En la opinión general, se puede afirmar que el "síndrome de invernación" (entendido como las perturbaciones individuales y colectivas que afectan las relaciones sociales, profesionales y jerárquicas del grupo de trabajo debido a la agresión del específico modo de vida antártico), no se configura tí-

picamente como problema realmente grande en la vida de las bases o estaciones chilenas.

— Los temores mayores se refieren a la posibilidad de incendios catastróficos sobre los cuales existe una triste experiencia (destrucción de la base científica Luis Risopatrón, e incendio parcial de la Base O'Higgins). El peligro es incentivado por el empleo importante de la madera en la construcción de las bases. Otro temor bastante corriente se refiere a la posibilidad de contraer una enfermedad seria que pueda requerir intervención quirúrgica. La presencia de un practicante enfermero, atenúa en parte esta inquietud.

— El problema no alcanza ribetes serios, y la necesidad es más afectiva que de relaciones físicas y se sublima de alguna manera. El hecho de que en la selección exista cierta preferencia por las personas maduras, casadas y con algunos años de servicio en las distintas ramas de las Fuerzas Armadas, contribuye, asimismo, a superar esta dimensión de la vida antártica.

— La dificultad del abastecimiento de agua que entraña la agotadora tarea de remoción, transporte y licuación de hielo, constituye un problema difícil para todas las bases y una tarea con características de prueba física para el personal.

— La necesidad de una mejor implementación de material científico, de mayor confort condicionado por patrones comparativos con bases de países más adelantados (gimnasio, dormitorios individuales, por ejemplo), de elementos de transporte y comunicación que aseguren un mayor dominio sobre el medio, son aspiraciones bastante comunes en las bases chilenas.

Un estudio detallado del proceso de adaptación o de la respuesta nacional al medio antártico está en marcha, y sus resultados serán dados a conocer próximamente.

CONCLUSIÓN GENERAL

En suma, el desarrollo geográfico futuro del territorio antártico debe concebirse y programarse en un contexto multifactorial, que valore objetivamente la experiencia histórica nacional en el desierto helado antártico. En otras palabras, esto significa que el desarrollo geográfico desde el punto de vista nacional, implica tomar debidamente en cuenta el presente estado de conocimientos del frígido espacio antártico, la difícil identificación de los hombres con el medio englaciado, el nivel de eficacia de nuestra actual respuesta tecnológica, de planificación económica y de asignación de recursos nacionales en un

territorio tan vasto, la fricción del espacio que plantea el aislamiento físico y en el tiempo del medio polar, especialmente durante la invernación antártica.

En el nuevo modelo de desarrollo antártico que creemos vislumbrar, corresponderá un rol dinámico muy importante al actual *proceso de regionalización del país,* que ya determinó, visionariamente, a mi juicio, la creación de la *Provincia Antártica,* como uno de los subespacios fundamentales de esta Décima Segunda Región de Magallanes y la Antártica Chilena. Dicha medida tiene una alta trascendencia geopolítica, y de administración efectiva del espacio antártico, puesto que hace radicar su capital en Puerto Williams, afirmando casi positivamente nuestra presencia antártica y posibilitando probablemente el avance hacia una posición verdaderamente polar.

Estimamos también que el futuro desarrollo antártico debiera aprovechar al máximo las ventajas geográficas comparativas derivadas de la cercanía o vecindad de la Provincia Antártica con relación a Chile Metropolitano y, en particular, con relación a Punta Arenas, hecho que deja al país en inmejorable ubicación para aprovechar y transformar los recursos que se prospecten (krill y calamares, por ejemplo) en áreas pilotos que deberán ser escrupulosamente determinadas por científicos y planificadores.

De igual modo, intuimos que la situación geográfica privilegiada en la península antártica, podría convertirla en el trampolín natural de las comunicaciones aéreas transpolares del hemisferio sur, reiterando una experiencia que se realiza desde hace tiempo en el medio polar ártico. Sobre el particular, nuestro país cuenta ya a su haber con la espectacular experiencia pionera en esta materia, del vuelo Santiago-Sydney-Antártica Chilena, efectuado en 1974.

En cuanto a las responsabilidades con el ambiente antártico, pensamos que las acciones futuras de prospección y aprovechamiento, de recursos deben inspirarse en un concepto de ecodesarrollo que preserve la exclusiva y flexible condición de espacio que detenta el sexto continente a partir del Tratado Antártico.

Sobre este aspecto, creemos que el uso recreativo del espacio antártico planteado en términos racionales (turismo regulado o selectivo, por ejemplo), no es incompatible con el principio recién enfatizado. Esto vale, en especial, porque nuestro país es un pionero también del turismo antártico al organizar por allá por el año 1959 un viaje en la motonave "Navarino".

Con cierto optimismo esperamos, finalmente, que el desarrollo antártico prospectivo encontrará los mecanismos viables e imaginativos

para compatibilizar los altos intereses de la soberanía nacional con la preservación y perfeccionamiento de un status jurídico y geopolítico que contiene la solidaridad y la cooperación científica y a la vez contribuya a disminuir o atenuar la brecha tecnológica antártica que distingue a las grandes potencias de los países en vías de desarrollo. El éxito en el plano del derecho internacional obtenido por Chile y otros países del Pacífico sur en relación con el mar patrimonial de 200 millas, que naturalmente también rige para los mares ribereños antárticos, es un buen ejemplo, de lo que todavía puede lograrse desde el punto de vista de acciones cooperativas en el territorio antártico y de utilización racional de los recursos antárticos.

Para conseguir estos logros exitosamente, tenemos el profundo conocimiento de que el sistema de educación nacional debe asumir plenamente la responsabilidad de transferir los conocimientos adecuados y, sobre todo, la necesaria forma de conciencia en nuestras generaciones jóvenes acerca de las posibilidades reales que presenta la nueva frontera antártica, incentivando su desarrollo con sentido nacional y con sentido ecológico para mejorar la calidad de vida de todos los chilenos.

PARTE SEGUNDA

El progreso de la investigación científica como base del desarrollo antártico

THE ADVANCEMENT OF SCIENTIFIC RESEARCH AS THE BASIS OF ANTARCTIC DEVELOPMENT

Takesi Nagata
Director, National Institute of Polar Research, Japan

1. Outline of History of Scientific Researches before IGY

Since the times of the first discoveries of Bouvet (1739), Kerguelen (1772) and Crozet (1772) islands by French explorers and the Circum-Antarctic sailing by *Captain James Cook* (1772-5) in the 18th Century, all expedition parties which landed on the Antarctic or sailed near the Antarctic coast carried out some sorts of scientific measurements.

During the 19th Century, the names as *Frederick Hassalberg*, Australia, 1810), *William Smith* (UK, 1819-20), *Edward Bransfield* (UK. 1819-20), *T. Von Bellinghausen* (USSR, 1819-21), *Benjamin Pendelton* (USA, 1820-21), *John Davis* (USA, 1820-22), *James Weddell* (UK, 1822-24), *John Biscoe* (UK, 1830-32), *J. S. C. Dumont d' Urville* (France, 1837-40), *John Balleny* (UK, 1838-39), *Charles Wilkes* (USA, 1838-42), *James Clark Ross* (UK, 1839-40), *G. S. Nares* (UK, 1872-6), *K. Schrader* (Germany, 1882-83), *A. de Gerlache* (Belgium, 1897-99), and *C. E. Borchgervink* (UK, 1898-90) must be remembered as the leading Antarctic explorers who made various kinds of preliminary scientific researches of Antarctic and its vicinity, such as geographical surveys, geodetic position determinations, oceanographic surveys and marine biology.

The first quarter of the 20th Century could be considered as the dawn of systematic scientific researches of Antarctica.

Robert Falcon Scott (UK) made his 2 year wintering researches at Cape Hut in Ross Island (1901-3). *William S. Bruce* (UK) carried out an extensive oceanographic survey in Weddell sea and set up a routine weather station on Laurie Island (1902-4). *Ernest H. Shackleton* (UK), setting his wintering base at Cape Royds in Ross Island, made glaciological surveys of the inland ice field to the South Pole, geological studies of Mt. Erebus and magnetic measurements at the South magnetic pole (1907-9). *Roald Amundsen* (Norway) carried out geographical researches of Edward VII land in addition to his historic success of arriving at the South Pole on December 14, 1911 (1910-12). *N. Shirase* (Japan) who reached 80°S in latitude

on Ross ice-shelf and his team members also carried out biological surveys on birds and marine animals (including krills) in Ross Sea area, geological surveys of Edward VII Land and Ross Island, describing Beacon sandstone layer and fossils (woods and animals) in fair detail, and meteorological researches (1911-12). *Douglas Mawson* (Australia) and his team members made extensive geographical and geodetic surveys of King George V Land, Queen Mary Land and Macquaire Island and further they carried out geomagnetic studies of the South magnetic pole (1911-14).

The second quarter of the 20th Century could be called the developing stage of Antarctic sciences. During 30 years from 1925 to 1955, a number of Antarctic expedition parties were issued from Argentine, Australia, Chile, Germany, France, New Zealand, Norway, Sweden, UK and USA, and the permanent or semi-permanent Antarctic stations were built up.

This period was opened by an extensive oceanographical survey program made by m/s "Discovery" (UK, 1925-26) continued until 1939 with the aid of other ships. The oceanographic surveys of the southernmost parts of oceans were carried out by m/s "Meteor" (Germany, 1925-27), and m/s "Norvegia" (Norway, 1927-30) also during the nearly same period.

It may be said, however, that extensive and comprehensive scientific studies of the Antarctic continent were started by the first expedition led by *Admiral Richard E. Byrd* (USA, 1928-30), and were succeeded by his own second (1933-35) and third (1939-41) expedition. The survey area was markedly enlarged with the aid of aircrafts in his expedition parties. Thus, modern scientific studies in biology, geomorphology, geology, glaciology and geophysics of Antarctica have been rapidely developed since that time. The US research activities in Antarctic were further strengthened by "Operación Highjump" which also was headed by Byrd (1946-47).

Scientific contributions achieved in a period from 1948 to 1954 by the French party led by *André F. Liotard* on Adelie Land (1948-53), the British-Norwegian-Swedish party on Queen Maud Land (1949-1952), and the Australian party headed by *Philip G. Law* at Mawson (1953-54) also are very significant in the science development history in Antarctic. Some of important scientific results obtained in this period will be summarized together with later ones in the forthcoming sections for individual scientific disciplines in this report.

§ 2. The International Geophysical Year (IGY)

The International Geophysical Year (IGY) programs were proposed in the International Council of Scientific Union (ICSU) in 1952 to be an extended "Third International Polar Year" (IPY). Both the First IPY (1882-83) and the Second IPY (1932-33) were planned and implemented in order to make scientific observations of polar natural phenomena as much as in detail simultaneously with coordinated similar observations in other temperate regions on the earth's surface.

At the occasion of first IPY (1882-83), the research efforts of world scientists were concentrated mostly to the geophysical researches of the Arctic region. Only an IPY devoting research program was carried out by K. Schrader's wintering team (Germany) on South Georgia Island. The Second IPY (1932-33) program also met a similar situation; namely, the global observation networks were set up mostly in the northern hemisphere including the North polar region, and no specific effort for the coordinated observation was made in this period in the Antarctic. Because the coordinated observational researches during the second IPY resulted in a remarkable progress in understanding the northern polar phenomena in a semi-global scale, in particular with respect to the atmospheric phenomena, a genuine global scale observation program was required for IGY in order to achieve a sufficient scientific understanding of various natural phenomena over our globe including both the Arctic and Antarctic regions. It means that the observation network in the Antarctic should be in the same level as in the Arctic in the IGY programs.

Although the time interval between the first and the second IPYs was 50 years, it seems that the time interval is too long to apply for the third polar year which is identical to IGY, because the requirement for reliable knowledge of the global aspect of the earth's various phenomena is becoming very urgent for the modern life of mankind and the progress in science and technology is so rapid on these days. Owing to these circumstances, the programs of IGY were planned to start in 1957, 25 years after the second IPY. The IGY period thus proposed was one year and a half starting on July 1, 1957 and terminating on December 31, 1958. A special committee to coordinate and promote the IGY programs was set up in ICSU in 1952, and it was named Comité Speciale de l'Anné Geophysique Internationale (CSAGI).

The scientific disciplines for the IGY planned by CSAGI are 'solar physics', airglow and aurora physics', 'ionosphere', 'geomagnetism',

'gravity', 'meteorology', 'oceanography', 'glaciology', 'seismology', 'latitude and longitude', and the interdisciplinary subjects, and later a revolutionary new research subject, the space research by means of 'sounding rockets and artificial satellites', was introduced into the IGY programs.

In the activities of CSAGI, special efforts were made to organize several regional working groups to well coordinate observational networks and programs in their particular regions. One of these working groups for the regional coordination and programing was the Antarctic Working Group, which has become Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR) of ICSU before the termination of IGY.

Prior to the start of IGY period 1957-58, a number of new Antarctic stations were built up in various localities in the Antarctic continent and islands in 1955-56. These are 8 Argentine stations at Arcadas Esperanza, Melchior, General San Martin, Teniente Camara, Deception, General Belgrano and Almirante Brown, 4 Chilean stations at Capitan Arturo Prat, General Bernardo O'Higgins, Presidente González Videla and Presidente Pedro Aguirre Cerda, 2 Australian stations at Mawson and Macquarie Island, 2 French stations at Dumont d'Urville and Charcot, 3 Soviet stations at Mirny, Oasis and Pionerskaya, 12 British stations at Halley Bay, Hope Bay, Port Lockroy, Deception Is., Argentine Is., Horseshoe Is., Danco Is., Detaille Is., Anvers Is., Signy Is., Admiralty Bay and Grytviken in South Georgia Is. and 2 US new stations at Little America V and McMurdo. The US program, Operation Deep Freeze, started in 1955.

In 1956-57, the Antarctic station networks were expanded by building up new stations. The newly built Antarctic stations are a Norwegian station at Queen Martha Coast, a Japanese Syowa station at Prince Harald Coast, 4 new US station at South Pole, Byrd, Wilkes and Ellsworth, and 2 new Soviet stations at Vostok and Sovietskaya.

In 1957-58, the Antarctic station networks were further expanded. The new stations are a Belgian 'Roi Baudoin' station at Princess Ragnhild Coast, an Australian new station at Davis, 2 French new stations at Camp Heurtin and Port aux Français, a New Zealand. "Scott" station on Ross Island, a new Norwegian station at Norway Station, 3 South African stations at Gough Is., Marion Is. and Tristan da Cunha and a US-New Zealand joint station at Hallet Base.

At these Antarctic stations, the observations of IGY discipline phenomena were systematically performed in reasonably good coordination among the Antarctic stations themselves and between the Antarctic observation network and the observatories out of this continent. In

particular, the meteorological observation network was practically established on the routine basis in the Antarctic continent during the IGY period, and the communication system of weather data also was established among the Antarctic station and between Antarctica and other continents.

In addition to the IGY discipline observations, other kinds of researches such as biological and geological ones were continued at the Antarctic stations during the IGY period and afterwards. It is a matter of course to carry on these biological and geological studies in Antarctica, because very little had been known about any kind of nature in this continent.

The development of scientific studies and the utilization of results of these studies since the IGY time will be summarized for different individual scientific disciplines in the following sections. In 1959 when IGY program was transfered to a new one year program called the International Geophysical Cooperation-1959 (IGC, 1959), 35 stations in Antarctica were being actively engaged in scientific observations of various disciplines. In Table I, these 35 Antarctic stations are listed with their locations and the disciplines of their main scientific researches. In this table, however, the field work disciplines such as geodetic, geologic and gravity surveys are eliminated, though the field work parties for these surveys were issued from some of these permanent stations.

§ 3. Meteorology and Climatology in Antarctic

a) *Development of observational programs.*

The weather conditions in Antarctic Peninsula were intermittently observed by Argentine, British and Chilean meteorologists since the beginning of this Century. The meteorological conditions of Ross sea area also have been gradually clarified since 1909 by us and British expedition parties. In East Antarctica, the meteorological observations made by a German party at Gauss Station (1901 ~ 1903) and by a French party at Cape Denison (1911 ~ 14) also should be recorded in a history of Antarctic weather studies.

The First (February, 1958) and Second (August, 1958) meetings of the Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR) of ICSU recommended the following general meteorological investigations.

a) The heat and moisture budget of the Antarctic atmosphere and ice-sheet.
b) The mean air circulation in the Antarctic regions.

Table 1 Scientific Stations in Antarctica, 1959.

Station	Lat.	Long.	Meteorology	Auroral Physics	Cosmic rays	Geomagnetism	Ionosphere	Atmosphere	Glaciology	Seismology	Oceanography	Biology	Physiology
(Argentine)													
1) Ellsworth	77°43'S	41°07'W	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎			◎	◎
2) Deception	62°59'S	60°43'W	◎	◎				◎	◎	◎	◎	◎	◎
3) Almirante Brown	64°53'S	62°53'W	◎	◎				◎	◎		◎	◎	◎
4) Teniente Camera	62°36'S	59°54'W	◎	◎				◎	◎			◎	◎
5) Melchior	64°20'S	62°59'W	◎	◎				◎	◎		◎	◎	◎
6) General Belgrano	77°58'S	38°48'W	◎	◎					◎				◎
7) Esperanza	62°23'S	56°59'W	◎	◎				◎	◎			◎	◎
8) General San Martin	68°08'S	67°08'W	◎	◎								◎	◎
9) Orcadas	60°45'S	44°43'W	◎	◎		◎			◎			◎	◎
(Australia)													
10) Macquarie Is.	54°30'S	158°57'E	◎	◎	◎	◎	◎	◎		◎	◎	◎	
11) Mawson	69°36'S	62°53'E	◎	◎	◎	◎	◎		◎	◎		◎	◎
12) Wilkes	66°15'S	110°31'E	◎	◎		◎	◎		◎	◎	◎	◎	
(Belgium)													
13) Roi Baudouin	70°26'S	23°19'E	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎			
(France)													
14) Dumont d'Urville	66°40'S	140°01'E	◎	◎		◎	◎	◎		◎	◎	◎	
(Japan)													
15) Syowa	69°00'S	39°35'E	◎	◎	◎	◎	◎		◎	◎			◎
(New Zealand/USA)													
16) Hallet	72°18'S	170°18'E	◎	◎		◎	◎			◎		◎	
(Norway)													
17) Norway Station	70°30'S	2°52'W	◎	◎	◎	◎			◎				
(South Africa)													
18) Gough Is.	49°19'S	90°51'W	◎										
19) Marion Is.	46°53'S	37°52'E	◎	◎									
20) Tristan da Cunha	37°03'S	12°19'W	◎										
(UK)													
21) Port Lockroy	64°05'S	63°31'W		◎			◎	◎	◎				
22) Deception Is.	62°59'S	60°34'W	◎	◎									
23) Hope Bay	63°24'S	56°39'W	◎	◎		◎			◎			◎	◎
24) Argentine Is.	65°15'S	64°16'W	◎	◎		◎			◎	◎	◎		
25) Admiralty Bay	62°03'S	58°24'W	◎	◎					◎				
26) Signy Is.	60°43'S	45°36'W	◎	◎					◎			◎	
27) Detaille Is.	66°52'S	66°48'W							◎			◎	◎
28) Horseshoe Is.	67°49'S	67°17'W	◎	◎					◎				
29) Halley Bay	75°31'S	26°36'W	◎	◎		◎			◎	◎			◎
(USA)													
30) Amundsen-Scott	90°00'S	-	◎	◎		◎	◎	◎	◎	◎			
31) Byrd	79°59'S	120°01'W	◎	◎		◎	◎	◎	◎	◎			
32) McMurdo Sound	77°51'S	166°37'E	◎								◎	◎	
33) Beardmore	83°17'S	175°45'E	◎										
(USSR)													
34) Mirny	66°33'S	93°01'E	◎	◎	◎	◎	◎		◎	◎			
35) Vostok	78°27'S	106°52'E	◎	◎		◎	◎		◎	◎			

Table 1. Scientific Stations in Antarctica, 1959.

c) Local effects in the Antarctic, particularly in the vicinity of the coast line.

d) The nature and extent of broad-scale meteorological processes over Antarctica and the remainder of Southern hemisphere.

e The mutual influence between pack ice and the character and motion of the air.

f) The air flow in the friction area over the Antarctic continent.

g) The Antarctic atmosphere and the exchange of air between the stratosphere and troposhere as shown by such atmospheric tracers as ozone.

The SCAR recommendations further mentioned: The greatly increased networks of meteorological stations established in Antarctica during the IGY has enabled a reasonably detailed knowledge of weather processes over the Antarctic to be obtained for the first time, and every effort should be made to maintain the present scope of surface and upper air observations, and to increase the network where possible.

In this connection, SCAR specifically recommended that "A ten year period of observations is desirable". In addition to the above-mentioned synoptic observations and twelve item of special meteorological observations in Antarctica, SCAR made a specific recommendation on the Antarctic weather center such that "SCAR recommends that Australia and New Zealand should consider the possibility of the establishment of an international analysis center in one of these two countries".

Those SCAR recommendations have been taken into consideration in the Antarctic meteorological and climatological researches since 1959. For example, the International Antarctic Analysis Center (IAAC) for weather was set up at Little America V station during IGY, and an international team of meteorologists engaged in making the weather charts of Antarctica and their synoptic analyses on the routine basis. The IAAC moved to Melbourne in 1959, and then it was reorganized to become the International Antarctic Meteorological Research Center (IAMRC) in 1965. The IAMRC is now working as the center not only for the Antarctic weather forecasting system but also for the Southern hemisphere weather monitoring network.

As shown in Table 1, almost all scientific stations in Antarctica were carrying out the meteorological observations even in 1959. In the scientific station network in 1975 in Antarctica, listed in Table 2, all stations, except two biological research stations and one glaciology

research station, are performing their routine meteorological observations. Those stations which have asterisks in the meteorology column in Table 2 are carring out the upper air observations by means of radiosondes in addition to the surface meteorological observations. Fig. shows the distribution of 20 meteorological observatories where both the surafce and upper-air meteorological observations are being carried out in 1975.

b) *Climate of Antarctica*

The Antarctic climate is strongly characterized with the very strong albedo by the white snow surface in addition to the less amount of solar radiation. It has been clarified, for example, that only 11% of the short-wave solar radiation can be absorbed into the ice-sheet at a level of 3000 m in the central part of Antarctica. The heat balance with respect to the infra-red radiation there, on the other hand, amounts to 21% of the net loss from the ice-sheet surface. Namely, the total heat balance at the central Antarctic is represented by 10% of the net heat loss. These conditions result in the Antarctic climate to be the coldest in the world. Thus, the annual mean temperature amounts to −55°C at the highest inland area and to −15°C along the coastal line of Antarctica.

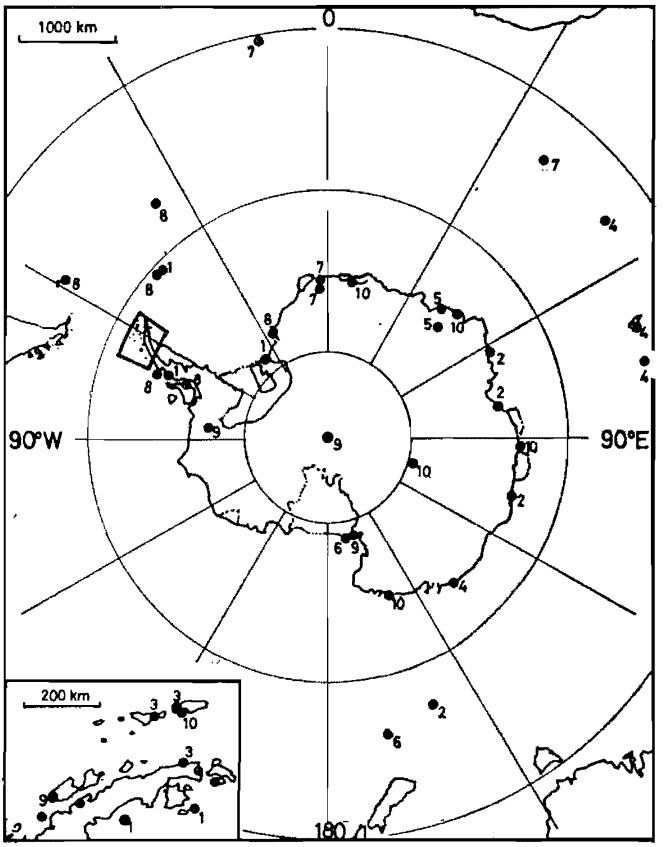
The annual change in temperature in the Antarctic inland is subjected to a particular mode, which is characterized by a sharp decrease around March and a sharp increase around October. This U shape mode of annual temperature change is specifically called "the coreless winter in Antarctica". The Antarctic climate is characterized also by frequent "katabatic" winds, which blow down along a sharp downward slope near the ice-sheet outer edge. This strong and sudden katabatic wind was first found by Mawson in 1915. According to his report, the maximum wind velocity amounted to 100 m/sec.

Dalrymle (1966) summarized the Antarctic plateau climate by taking into consideration mostly temperature, wind and some other meteorological elements, where the Antarctic plateau was defined as the higland areas above 2000 m in East Antarctica and above 1500 m in West Antarctica. Generally, the air temperature over the Antarctic plateau never excedes 0°C, and the average temperature, the average snow accumulation rate and the average atmosphere cooling rate are less than −17.8°C, less than 450 mm water/year, and more than 1800 k. cal/m^2/hour respectively. In East Antarctica, climate conditions are classified into three zones from the highest plateau area towards the sea coasts.

Table 2 Scientific Stations in Antarctica, 1975.

Station	Lat.	Long.	Meteorology	Aerological Physics	Cosmic rays	Ionosphere	V.L.F.	Geomagnetism	Glaciology	Seismology	Oceanography	Biology	Physiology
(Argentina)													
1) Belgrano	77°46'S	38°11'E	◎	◎		◎		◎	◎				◎
2) Brown	64°53'N	62°53'W	◎	◎					◎			◎	◎
3) Orcadas	60°45'S	44°43'W	◎	◎				◎	◎		◎		
4) Petrel	63°28'S	56°17'W	◎	◎					◎				
5) Esperanza	63°26'S	56°59'W	◎	◎					◎				◎
6) Marambio	64°28'S	56°43'W	◎										◎
7) Matienzo	64°58'S	60°04'W	◎										
(Australia)													
8) Mawson	67°36'S	62°52'E	◎	◎		◎	◎	◎		◎		◎	◎
9) Casey	66°17'S	110°32'E	◎	◎		◎		◎					◎
10) Davis	68°35'S	77°58'E	◎	◎		◎	◎	◎				◎	◎
11) Macquarie Is.	54°30'S	158°57'E	◎	◎	◎	◎	◎	◎		◎		◎	◎
(Chile)													
12) Presidente Frei	62°12'S	58°56'W	◎									◎	
13) Arturo Prat	62°30'S	59°41'W	◎									◎	
14) Bernardo O'Higgins	63°19'S	57°54'W	◎							◎	◎	◎	
(France)													
15) Dumont d'Urville	66°40'S	140°01'E	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎		◎	
16) Port-aux-Français	49°21'S	70°12'E	◎	◎	◎			◎		◎		◎	
17) Port Alfred	46°26'S	51°52'E	◎	◎				◎				◎	
(Japan)													
18) Syowa	69°00'S	39°35'E	◎	◎		◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
19) Mizuho	70°43'S	44°19'E	◎						◎				
(New Zealand)													
20) Scott Base	77°51'S	166°46'E	◎			◎		◎		◎	◎		◎
21) Vanda	77°31'S	161°40'E	◎										
22) Cape Bird	77°14'S	166°28'E										◎	
(South Africa)													
23) SANAE	70°18'S	02°21'W	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎		◎	
24) Marion Is.	46°53'S	37°52'E	◎									◎	
25) Gough Is.	40°21'S	09°53'W	◎									◎	
(UK)													
26) Argentine Is.	65°15'S	64°16'W	◎	◎		◎		◎				◎	
27) Signy Is.	60°43'S	45°36'W	◎							◎		◎	
28) Fossil Bluff	71°20'S	68°18'W							◎				
29) South Georgia	54°17'S	36°30'W	◎			◎		◎	◎	◎		◎	
30) Adelaide Is.	67°46'S	68°55'W	◎	◎					◎				
31) Halley Bay	75°31'S	26°43'W	◎	◎		◎	◎	◎					
(USA)													
32) McMurdo	77°51'S	166°37'W	◎	◎	◎	◎		◎				◎	
33) Palmer	64°45'S	64°15'W										◎	
34) Siple	73°56'S	84°15'W	◎			◎	◎	◎					
35) South Pole	90°00'S	-	◎	◎	◎			◎		◎		◎	◎
(USSR)													
36) Molodezhnaya	67°40'S	37°52'E	◎	◎		◎		◎	◎				◎
37) Mirny	66°33'S	93°01'E	◎	◎	◎	◎		◎					◎
38) Vostok	78°28'S	106°48'E	◎	◎		◎	◎	◎	◎	◎			◎
39) Novolazarev-skaya	70°46'S	11°50'E	◎	◎		◎		◎					◎
40) Bellings-hausen	62°12'S	58°58'W	◎						◎			◎	◎
41) Lenigrad-skaya	69°30'S	159°23'E	◎						◎				◎

Table 2. Scientific Stations in Antarctica, 1975.



1. Argentina
2. Australia
3. Chile
4. France
5. Japan
6. New Zealand
7. South Africa
8. United Kingdom.
9. USA
10. USSR

STATIONS OPENING IN THE ANTACTIC, WINTER 1976

Fig. 1

a) Cold central core (annual average temperature $\overline{T} < -50°C$, the lowest temperature T min $< -80°C$, the highest temperature T max $< -20°C$, the average wind speed w $= 3 \backsim 5$ m/sec),

b) Cold interior zone ($\overline{T} = -40 \backsim -50°C$, T min $= -70° \backsim -80°$ C, T max $= -10° \backsim 20°C$, w $= 5 \backsim 7$ m/sec.).

c) Cold katabatic zone ($\overline{T} = -30° \backsim -40°C$, T min $= -55° \backsim -70°C$, T max $= -5° \backsim -20°C$, w $= 9 \backsim 12$ m/sec.), whereas the higland area in West Antarctica is occupied by Cold Transitional Zone ($\overline{T} = -25° \backsim -40°C$, T min $= 50° -70°C$, T max $= 0 \backsim 10°C$, w $= 7 \backsim 10$ m/sec.).

c) *The air circulation in the Antarctic region*

The large negative value of radiative heat balance over the Antarctic plateau must be compensated by the horizontal transportation of warmer air-mass and the water vapour from the northern temperate zones. Compared with the Arctic condition where both the atmosphere and the ocean current can transport the heat in, he Antarctic condition permits only the air-mass to compensate the large heat loss in Antarctica. This particular condition in nature inevitably results in a stronger and grater-in scale circulation of the atmosphere in the Antarctic region in comparison with the Arctic.

In general, the circumpolar vortex around the pressure low center over the Antarctic plateau controls the weather in Antarctica and its vicinity. For example, all local cyclones (the pressure low centers) move from the west to the east and a little bit polewards, but they can very seldom get into the inside continental area. The upper air structure over the Antarctic continent is remarkably particular in comparison with that in other regions. The particularity may be represented by the following three characteristic phenomena, namely,

i. The tropopose (the boundary between the troposphere and the stratosphere) becomes higher in winter than in summer.

ii. The tropopose tends to become indefinite in winter.

iii. The range of annual temperature variation of the stratosphere is unusually large ($> 40°C$) and the temperature rapidly increases in spring.

These anomalous phenomena have been interpreted as due originally to the anomalously large albedo of the ice surface of Antarctic plateau, which causes, for example, a steady inversion layer from the

snow surface to about 1 km height as the lowest part of the troposphere.

d) *Antarctic meteorology at present and in the future*

The present research programs for Antarctic meteorology are summarized as the significant fields for study of the SCAR working group on meteorology*. They are as follows:

1. The climatology and the general atmospheric circulation of the Antarctic, including their long-term changes.
2. The broad-scale meteorological processes over the Antarctic, their interaction with an significance in relation to global processes, and the variations on all time scales of the size, effectiveness, and functionning of the polar heat sink.
3. The heat and water budget of the Antarctic atmosphere; the interactions among the atmosphere, snow, ice-sheet, and surrounding sea.
4. The exchanges between the mesosphere, stratosphere and troposphere.
5. Changes in atmospheric constituents and pollutants and the occurrences role of volcanic dust.
6. Meso-meteorological phenomena, including, for instance, local and special wind regimes.
7. Micro-meteorological phenomena.
8. The physics of clouds and precipitation.

The most remarkable progress in the Antarctic meteorological researches on these days is owe to the development of practical use of weather satellites to continuously monitor the distributions of temperature, clouds, pack ice, infrared radiation, etc., in the Antarctic ad its neighbouring sea water. These satellite data are currently supplying the overall information of meteorological conditions over the Antarctic continent and its surrounding sea in fair detail.

In the future, the satellite-borne observation programs of Antarctic meteorology will be much more strengthened and they must be established.

§ 4. GLACIOLOGY IN ANTARCTICA

About 90% of ice over the earth's surface is concentrated in Antarctica, the total volume of ice and snow there amounting to about 2.4×10^7 km^3. The major parts of Antarctic ice form the *ice-sheet* over

the Antarctic continent. A part of the outer edge of ice-sheet is extended into the sea water area, such as, for example, Ross sea, thus forming *the ice-shelf*. In addition, the surface parts of sea water surrounding the Antarctic are frozen and form *sea ices,* which cover the sea area near the Antarctic coast line of about 2×10^7 km^2 at maximum. Thus, the Antarctic continent can be called by all means the white continent.

a) *Progresses of Antarctic Glaciology*

Results of classical descriptive glaciological researches were reported even by the Scott expedition team in 1910-12. It may be considered however that systematic glaciological researches of Antarctica by means of modern instrumental techniques were initiated by the Norwegian-British-Swedish Antarctic Expedition (1949-52) in Western Dronning Maudland. Their main glaciological research item are: 1. the energy exchange between ice and the atmosphere, 2. mass balance of ice and snow, 3. ice movements and 4. determinations of ice-sheet thickness with the aid of seismic method.

During the IGY and the following period, the traverse surveys to carry out similar glaciological researches were conducted along various traverse routes as illustrated in Fig. 2. For measuring the thickness of ice-sheet, the radio echo sounder which is a sort of ice-radar was developed in addition to the classical seismic reflection method. Fig. 3 illustrates an example of the ice-sheet profile thus observed. This figure shows not only the ice-sheet profile but also the bed rock surface topography along a meridian plane from 90°E to 90°W through the South Pole. Namely, the ice-sheet thickness measurements combined with the determinations of ice-sheet surface altitude have resulted in the geomorphological knowledge of the bed rock surface topography in Antarctica.

On those days of IGY, the ice core drilling programs were started. The physical and chemical properties of ice core of about 300 m long obtained by such a drilling program at Byrd Station was analyzed in fair detail. Namely, the variations of density, ice crystal structure, contents of rare chemical elements, etc. as dependent on the depth of ice from the surface were determined. At the same time, systematic glaciological studies in the ice shelves also were started. The deep core drilling project at Little America V Station on the Ross ice shelf carried out in 1958, (e. g. Gow, 1963), would be a typical example of such glaciological researches of the ice shelves. The ice core of

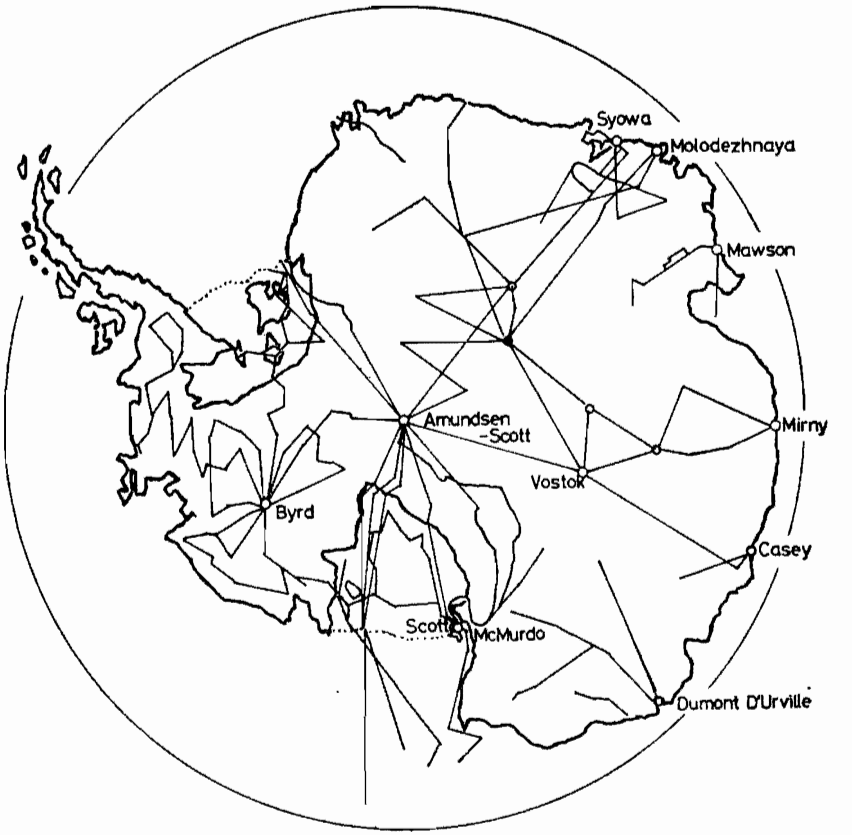


Fig. 2 Traverse routes over the Antarctic continent.

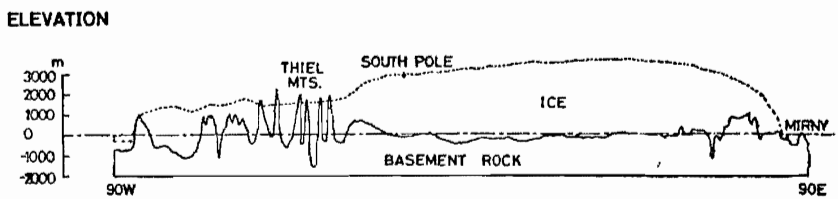


Fig. 3 Example of Antarctic profiles. The profile along meridian plane from 90°W to 90°E.

about 257 m long was drilled at Little America V. The density and temperature of the ice core changes from 0.841 and −21.7°C respectively at 52 m in depth to 0.912 and −2.9°C at 255 m in depth, where is almost the bottom of the Ross ice shelf. The important findings of this project are evidence of the snow accumulation on the surface (about 22 cm water/year) and the melting of the bottom ice into the sea water. A summary of recent knowledge of the ice shelf structure will be dealt with in a later section.

b) *The structure of Antarctic Ice Sheet*

The total volume of the Antarctic ice sheet amounts to about 2.35 x 10^7 km^3 which covers 1.25 x 10^7 km^2 of the Antarctic continent area, so that the average thickness of Antarctic ice sheet is 1,880 m. This world largest ice sheet of Antarctica is about ten times as large as the second largest ice sheet of Greenland, where the total volume of ice sheet and its average thichness are about 2.6 x 10^6 km^3 and 1,515 m respectively.

A quasi-steady state of an ice sheet is maintained by the snow accumulation on the ice sheet on one hand and the ablation of ice and snow on the other hand. The snow density at the top surface of an ice sheet is 0.3 ⌣ 0.4 g/cm^3, but it gradually increases with depth up to 0.4 ⌣ 0.8 g/cm^3 *(firn)* and finally at depths of 50 ~ 100 m the firn becomes the *glacier* ice of 0.80 ~ 0.90 in density. Even the glacier ice in the deep inside of an ice sheet is slowly moving towards the lower level sea coast mostly due to the gravity effect but with the resistance of the elastico-viscosity of ice.

Depending on the bed rock topography, the form of an ice sheet and stream lines of ice flow within the ice sheet are more or less modified. Fig. 3 illustrates an example of such a dependence of ice sheet profile shape on the bed rock topography. The velocity of ice flow becomes generally larger in the outer part of an ice sheet, and particularly in a valley between mountain ranges the ice flow forms an *ice stream* or a *valley glacier* which has a considerably larger velocity compared with its both sides. The outer dege of a valley glacier forms an *ice tongue* when it is extended over the sea area. Where the valley glacier comes into an ocean bay area, the glacier ice becomes the major source for maintaining an ice shelf.

i. Snow accumulation

The accumulation of snow on the Antarctic ice sheet has been measured at many places by means of various methods. The mea-

surement technique comprises the direct measurement of snow balance by use of stakes, and the indirect methods such as the snow stratography and the age determination of deep ice. The annual average rate of snow accumulation on the Antarctic ice sheet thus estimated is roughly illustrated in Fig. 4. As shown in this figure, the snow accumulation rate in the East Antarctic plateau is very small being less than 5g/cm²/year, whereas the accumulation rate increases as approaching the Antarctic coastal line, where the rate amounts 30 ~ 60g/cm²/year. However, the snow accumulation rate on the coastal line is considerably different from place to place, probably owing to the effect of topography. For example, the accumulation rate is about 60 g/cm²/year at Mirny, but it takes a negative value (i.e. the ablation) at Mawson. The total amount of snow accumulation on the whole Antarctic continent is estimated

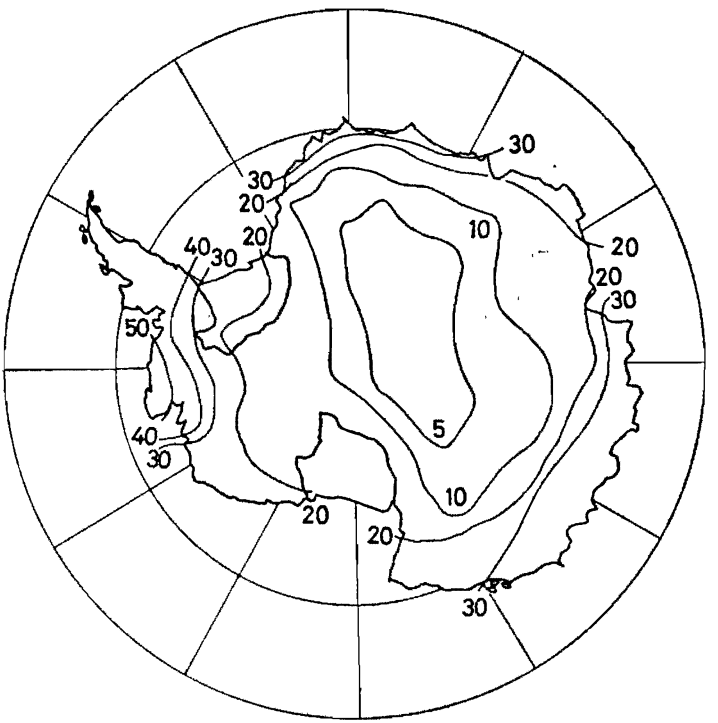


Fig. 4

Snow accumulation rate in Antarctica in unit of grams/cm²/year.

to be about 2 x 10^{12} tons/year. As the total weight of ice of the Antarctic ice sheet is approximately 2 x 10^{16} tons. it may be concluded that about 1/10.000 of the Antarctic ice sheet is supplied by the snow accumulation in every year.

ii. Loss of ice

The ice of Antarctic ice sheet is lost in several different ways. The largest loss of ice is due to the *calving* of outer edges of ice sheet or glaciers into icebergs. As given in the following table (Table 3), the calvings of ice sheet can be further classified into three categories, namely, the calving of outer edge of ice sheet itself which has a slow velocity ($\sim$ 40 m/year), that of valley glaciers or ice streams which have faster velocities ($\geqslant$ 400 m/year) and that of ice shelves whose outward velocity is 500 $\sim$ 1,000 m/year. The second cause of ice sheet loss is considered as the melting of bottom parts of ice sheet and ice shelves. However, the quantitative estimate of the melting loss of ice by the sea water at the bottom of ice shelves and by the geothermal heat at the bottom of ice sheet is not sufficiently reliable. The estimated loss amount in the above table may be considered as the maximum possible one.
The third cause will be the *ablation* of ice on the ice sheet surface. The blue ice (bare ice) area in the outer zone of Antarctic ice sheet is clear evidence of the ablation effect. The quantitative estimate of the ablation loss effect also is difficult. Therefore, the

TABLE 3
LOSS OF THE ANTARCTIC ICE SHEET (AFTER LOEVE, 1967)

Calving of Ice Sheet	Ice shelf	8.80 (x 10^{1} tons/year)
	Glacier	5.20
	Ice sheet	0.50
Ablation		0,10
Melting of Ice shelf bottom and ice sheet bottom		2.00
Total		16.60 x 10^{11} tons/year

ice loss amount of this category estimated by different investigators ranges from 1 x 10^{10} tons/year to 2 x 10^{11} tons/year.

The total ice loss of Antarctic ice sheet estimated in the above table is about 1.66 x 10^{12} tons/year, which appears considerably smaller than the total amount of snow accumulation on the ice sheet, i.e. 2.0 x 10^{12} tons/year. In other words, it appears that the Antarctic ice sheet is gradually growing up at present. However, the estimates of snow accumulation and particularly ice loss in Antarctica are not fully accurate yet at present. It may be provisionally concluded that the ice balance of the Antarctic ice sheet is of a positive excess or in an approximate equilibrium.

iii. Shape of the profile and ice flow

The surface shape of Antarctic ice sheet and the bed rock topography are well summarized in Atlas Antarktiki I (1966) and II (1969) edited by the Academy of Sciences, USSR. The profile shape through the crest point of Antarctic ice sheet can be approximately represented by an elliptic curve as shown in Fig. 3, where the maximum thickness of ice-sheet excedes 3,000 m. The snow and ice accumulating on the ice sheet surface flow outwards through the ice-sheet and they go out into the ocean or the atmosphere by various different loss mechanisms in the neighbourhood of the ice sheet outer edge line. Generally, the outward horizontal velocity of ice flow within the ice sheet increases from almost zero at the crest point to about 100 m/year at the outer edge. However, the horizontal velocities of valley glaciers and ice shelves amount to 500 ~ 1,000 m/year. The outgoing velocity of the outer edge of Shirase glacier amounts even to 2,500 m/year.

c. *Ice Shelf*

There are 10 large ice shelves (larger than 3 x 10^4 km^2 in area) along the Antarctic coast, the total ice shelf area amounting to about 1.6 x 10^6 km^2. On these ice shelves, the average annual rate of snow accumulation is in a range of 18 ~ 70 g/cm^2/year, which is considerably larger than the average snow accumulation on the Antarctic ice sheet (about 15 g/cm^2/year). However, the inflow of ice through ice streams into the ice shelf from the inland ice plateau amounts to a considerably larger value than the snow accumulation as shown in the following table (Table 4) for example.

Since the Antarctic ice shelves seem to be stable, the ice mass

balance in these ice shelves may be kept in a steady condition. Thus, it may be considerable that the income of ice for ice shelves comprising the snow accumulation, the inflow from the continental ice sheet and the production of ice by freezing sea water at the bottom of the ice shelves is balanced with the outgoing of ice consisting of the calving into icebergs and the melting loss at the bottom of ice shelves in summer. According to Barkov (1971), each of the income and outgoing of ice of Antarctic ice shelves is about 1.4×10^{12} ton/year in total.

TABLE 4

CHARACTERISTICS OF TYPICAL ANTARCTIC ICE SHELVES. (AFTER BARKOV, 1971)

Ice shelf	*Area*	*Flow velocity at edge*	*Inflow (x 10^{15}/year)*		*Outflow (x 10^{15} gm/year)*
	(km^2)	(m/year)	Snow accumulation)	(Ice stream)	
Ross	525×10^3	1240± 50	92±24	166±51	256±56
Filchner	433×10^3	1260±100	78±23	204±61	175±79
Amery	39×10^3	900±135	11± 4	19± 8	18± 6
Shackleton	37×10^3	700± 50	27± 6	37±12	52±26

e. *Ice Core Drilling*

The deep drilling of Antarctic ice sheet down to 2,164 m in depth was completed at Byrd Station in 1968. This drilling program succeeded in returning the whole ice core samples from the surface of ice sheet down to the bed rock surface, and has revealed ew sygnificant data of physical and chemical properties of the ice sheet ice from the surface to the bottom.

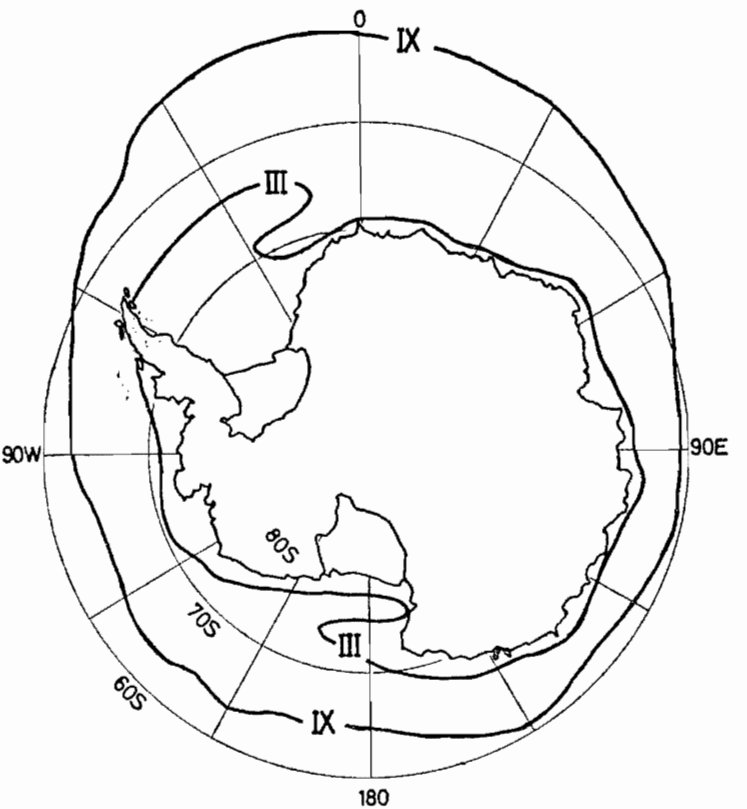
Obviously, the physical properties of the deep ice sheet ice such as density, temperature, heat conductivity, crystal structure, air cavities, cleavage cracks, etc., are essentially important in understanding dynamics and thermodynamics of the Antarctic ice sheet.

In addition, the isotope analyses of these ice core samples could indicate the climate variation during the past 80,000 years. Recent knowledge of the isotope ratios such as O^{18}/O^{16} and H^2/H^1 as dependent on temperature enable us to estimate the atmospheric temperature when the ice samples concerned fell in Antarctica as

snow flakes. Data from both Antarctic and Greenland ice sheets have clearly shown that the Wisconsin glaciation age began about 75,000 years ago, reaching the minimum temperature 17,000 years ago and continued to about 11,000 years ago. According to these data, the world atmospheric temperature in the Wisconsin glaciation age was about 10 degrees below the present one.

f. *The Sea Ices*

The total area of sea ices (including pack ices) in Antarctica amounts in winter (Semptember) to about 20 x 10^6 km^2 (Fig. 5). The average



Outer boundary of sea ice area
in March (III) and in September (IX)

Fig. 5

sea water is frozen at −1.9°C and becomes ice. The sea ices could therefore be defined as the ice masses produced from the sea water. Is is widely accepted at present, however, that the sea ices represent all ices on the ocean area comprising the fast ices, the pack ices and icebergs.

i. Fast ices

The fast ice which is extented outwards from the Antarctic coast line is originally produced from the sea water by a freezing mechanism. Since the fast ices thus produced contain not only pure ice crystals but also air bubbles, *brines* (the concentrated sea water among ice crystals) and various kinds of salt, their physical properties are much complicated. The mechanical and thermal properties of fast ice, however, have been reasonably well examined to date.

The growth rate of fast ice is now experimentally and theoretically known. Namely, the thickness of fast ice (h) is approximately proportional to a square root of the product of the negative temperature deviation from the freezing point and the duration time of temperature below the freezing (Ei), i.e. $h \sim 2.5 \sqrt{Ei}$ (cm), where Ei is represented in unit of degrees x days. For example, Ei in the neighbourhood of Syowa Station is about 4×10^3 degrees days so that h becomes about 160 cm, which is in agreement with observed data.

ii. Pack ices

The Antarctic continent is surrounded by pack ices. Those pack ices which originate in the fast ice are extended as shown in Fig. 5. As mentioned in § 3 the albedo by such an extented white area in Antarctica cannot help seriously affecting the world climate.

As suggested in Fig. 5, the main sources of Antarctic pack ices are mostly Ross Sea and Weddell Sea. The drifting motion of these pack ices is subjected strongly to the wind speed and direction, but also to ocean currents, mutual actions among pack ices themselves as well as the Corioli's force. Thus, these pack ice area is gradually expanded northwards.

iii. Icebergs

The Antarctic icebergs originate in the Antarctic ice sheet or ice shelves, so that their majority are in shape of the *tabular icebergs*. The total number of Antarctic icebergs amounts to as many as 2×10^5, which is in remarkable contrast to Arctic icebergs of aboct

4×10^4 in total number. The average area of an Antarctic icebergs is so large as 160 km^2 and their thickness ranges mostly between 100 and 200 m.

The three main source areas for the Antarctic icebergs are Ross Sea, Weddell Sea and Shackleton ice shelf. The icebergs coming from these areas drift mostly subjected to the ocean currents because major parts of icebergs are below the sea surface. Hence, the Antarctic icebergs drift westward near the Antarctic coast owing to the westward ocean current there but they do eastward around 60°S latitude circle or in the further north sea owing to the eastward ocean currents in those latitudes. (See § 7).

§ 5. CARTOGRAPHY IN ANTARCTICA

a. *Published Antarctic maps*

The cartography to construct maps of Antarctica should be the most fundamental basis for the development of any branch of sciences and the utilization of this white continent. Consequently every possible effort was made by all Antarctic expedition parties to collect geodetic and cartographic data of the localities where they visited.

During 30 years before the IGY, the vertical or oblique air-photographies from air planes were the most powerful technique to get such cartographic data of Antarctica. In these air-borne cartographic programs, the most difficulty was concerned with the precise determination of positions of the reference triangulation points. The astoronomical position determination of base points and the triangulation network expanded from these base points to determine the positions of remarkable topographic marks (such as peak points of exposed mountains) together with the air-photography surveys are the basic necessary works in these cartographic surveys. Recent technical development in the geodetic instruments such as the electromagnetic and laser geodemeters are extremely helpful in the laborious geodetic works in Antarctica.

Various cartographic maps of the whole Antarctic area thus compiled based on the air-photographs as well as on the results of geodetic surveys carried out by the trans-Antarctic traverse surveys have been published to date. They are as follows (Table 5) : Further, the larger scale maps of 1 : 1,000,000 ~ 1 : 100,000 in scale also have been published for the Trans-Antarctic mountain zone and for the Antarctic coastal zone except Weddell sea coast. However, these large scale maps cover mostly narrow zones of about 400 km in width.

TABLE 5
MAPS OF THE WHOLE ANTARCTICA

Reduced Scale	*Publishing Year*	*Name of map*	*Published by*
1 : 12,000,000	1956	Carte polaire Sud	France
1 : 10,000,000	1961	Antarctica	USA
1 : 6,000,000	1961	Antarctica (4 sheets)	USA
1 : 3,000,000	1961	Antarctidui Rist (1 ~ 9)	USSR
1 : 3,000,000	1962	Antarctica (4 sheets)	USA
1 : 15,000,000	1963	Antarctica	UK
various	1966	Atlas Antarktiki	USSR
1 : 10,000,000	1969	Antarctica	Australia
1 : 5,000,000	1970	Antarctica	USA

At present, the geodetic works to prepare the necessary cartographic data are being systematically promoted on the basis of SCAR coordination program as listed in the following table (Table 6).

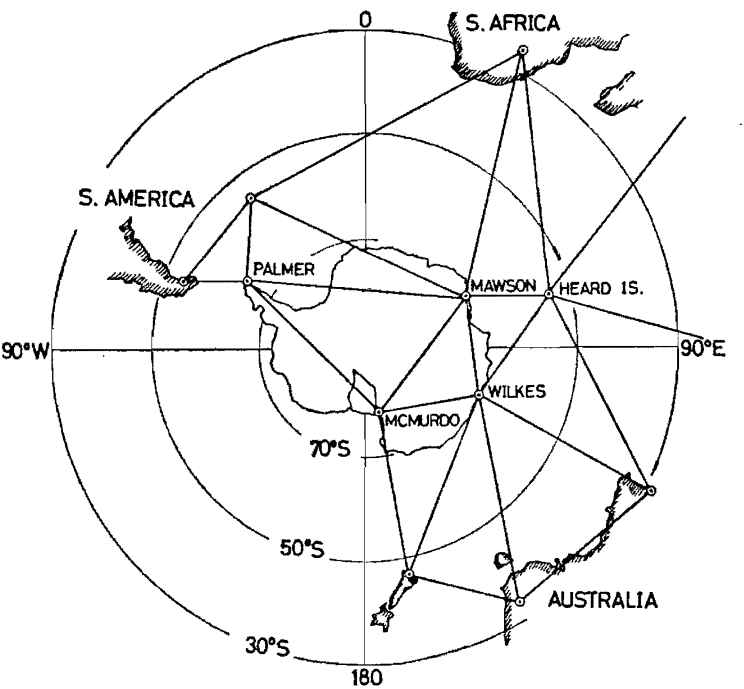
TABLE 6
CARTOGRAPHY PROGRAMS IN SCAR

Country	*Scale of map*	*Responsible for cartography*
Australia	1 : 250,000 & 1 : 1,000,000	45°E ~ 77°E; 108°E ~ 120°E
Belgium	1 : 250,000 & 1 : 500,000	12°E ~ 32°E
France	1 : 100,000 & 1 : 500,000	135°E ~ 143°E
Japan	1 : 250,000 :	30°E ~ 45°E
New Zealand	1 : 250,000 :	150°E ~ 180°E
Norway	1 : 250,000 & 1 : 500,000	5°W ~ 6°W
South Africa	1 : 250,000 :	40°W ~ 20°E; 76°W ~ 55°W
UK	1 : 250,000 & 1 : 500,000	52°E ~ 135°E; 150°E ~ 36°W
USA	1 : 250,000 & 1 : 500,000	10°E ~ 16°E; 44°E ~ 48°E
USSR	1 : 100,000, 1 : 200,000 1 : 1,000,000	77°E ~ 112°E

SCAR has set up a coordinate group of national Antarctic map centers, among which all published Antarctic maps are mutually exchanged.

b. *Satellite triangulation and altimetry*

As in the meteorology and glaciology, the utilization of artificial satellites is extremely powerful in the Antarctic cartography also. The world geometric triangulation network with the aid of a geodetic satellite, PAGEOS I, was set up in 1966 for this purpose. As illustrated in Fig. 6 the world triangulation networks comprising 45 base points including Palmer, McMurdo, Wilkes and Mawson on the Antarctic continent are now completed. Since the error of position determination in this world geodetic network is ± 10 m, much more precise topography maps of the Antarctic interior will be published in the near future.

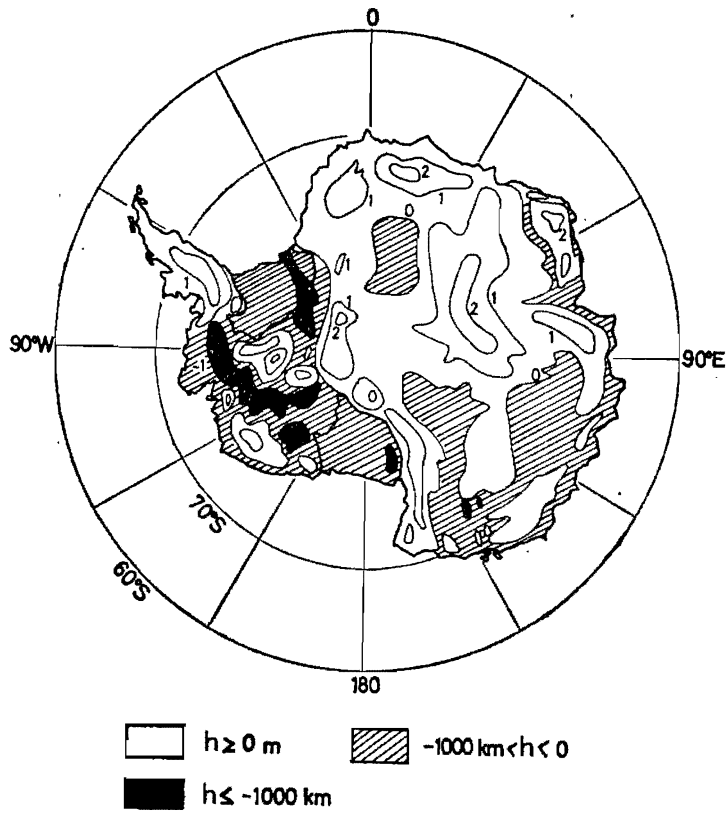


Geometric Satellite Triangulation Network in Antarctica

Fig. 6

§ 6. Geology and Geography in Antarctica

As the major parts of the Antarctic continent are covered by the Antarctic ice sheet, the geological studies on Antarctica meet various difficulties. As already described in § 4, however, the bed rock topography of this continent has recently been approximately revealed. The outline of the Antarctic bed rock topography is illustrated in Fig. 7. Except Vernadsky and Gamburtsey (sub-ice-sheet) mountains,



* The numeral represents the positive height in unit of km.

Antarctic Bed Rock Topography
(after Budd, 1971)

Fig. 7

extending in 45E ⁓ 90°E in longitude and about 80°S in latitude, and Wilkes Land highland area (120° ⁓ 150°E in long. and about 68°S in lat.), all other highlands have peak summits which are exposed above the ice sheet surface. As shown in Fig. 7, East Antarctica and West Antarctica are clearly separated by Trans-Antartic Mountains which extends over 3,500 km from the northern end of the west coast of Ross Sea in Victoria Land to Coats Land in Weddell Sea. Geomorphologically speaking, East Antarctica forms a large platform above the sea level, whereas West Antarctica comprise a number of islands and deep sea areas, suggesting severe orogenic activities in the recent geologic history of this region.

Geological and geomorphological researches of Antarctica could be classified into two major item; namely a) bed-rock geology which deals with the geological history of Antarctic bed-rock structure from Precambrian to Cenozoic, and b) recent geological and geomorphological history of this continent mostly in Cenozoic, which is related to the development and diminution of Antarctic ice sheet.

a) *Geology of Antarctic Bed-Rocks*

Since the time of the first returning of Antarctic rock pieces by Borchgrevink in 1894, geological researches of various localities in the Antarctic were continued until the IGY period. Rock samples from the exposed bed-rock areas on the Antarctic coast and the glacial moraines on the continental shelf were important samples for the Antarctic geological studies. A distinct geological difference between East and West Antarctica was pointed out by Nordenskjöld in 1913. Up to the IGY time, geological researches were fairly well made on the crystalline basement (gneisses, granites, etc.) and Beacon sedimentary group of Victoria Land, Precambrian metamorphic rocks of East Antarctic coast, and Mesozoic-Cenozoic layers, volcanoes and volcanic rocks, granites, etc., of Antarctic Peninsula and South Shetland Islands, and others. The results of these studies have led to the geological recognition of *East Antarctic shield* and *West Antarctic Circum-Pacific orogenic zone.*

Systematic geological surveys started at the occasion of IGY under an internationally coordinate program have resulted in a rapid progress in Antarctic geology. Fig. 8 summarizes an outline of the Antarctic geological structure thus revealed, where a definite discrepancy in geological structures between East and West Antarctica may be clearly observed. All basement rocks in East Antarctica are Precambrians, whose last solidification ages range from 4×10^8 to

3 x 10^9 years according to the radio-isotope measurements. On the other hand, West Antarctica comprises mostly Cenozoic volcanics, Mesozoic geosynclines and Late Paleozoic orogenic zones. The Antarctic geology is very much characterized by the Transantarctic mountain range, which is the ioss orogenic zone, forming the the west boundary zone of East Antarctica. Geologic characteristics of these three Geological formations will be briefly described in the followings.

i. Precambrian Shield (platform) of East Antarctica

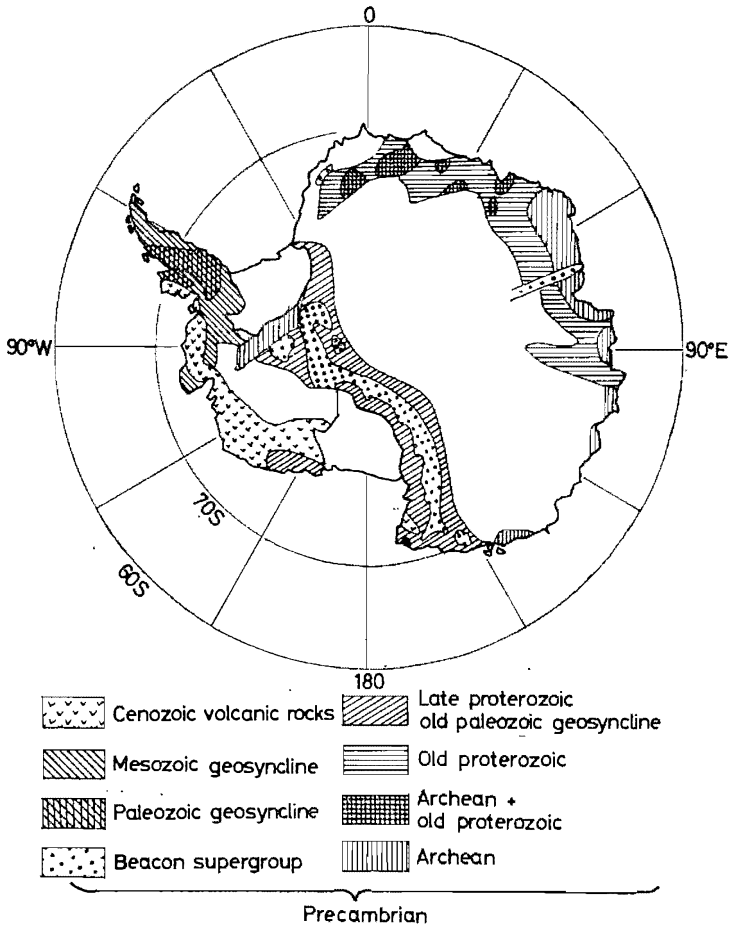
The Precambrian metamorphic rocks of East Antarctic shield comprise mostly gneisses and charnokites, which can be identified to the product of volcanic breccias by the regional metamorphism and the ultra-metamorphism in Precambrian. A number of geological evidence have been found for indicating that the East Antarctic shield was subjected to frequent regional metamorphisms during the Precambrian. These metamorphisms can be classified into three stages such as:

1. Granulite facies — Archean era,
2. Amphibolite facies — Old Proterozoic era,
3. Green shist facies — Middle Proterozoice era.

The radio-isotope ages of these metarmorphic rocks should therefore represent the ages of their respective last metamorphisms.

ii. Transantarctic Mountains — Ross orogenic zone

Transantarctic mountains are formed with large complicated geosyncline systems of Late Proterozoic ~ Old Paleozoic. The oldest metamorphic rock in this zone has age of about 1 x 10^9 years. The geological history of this zone may be characterized by Ross orogeny which took place in Ordovician period ([450 ~ 500] x 10^6 years ago) to finally form the present mountain range after repeated complex geological activities of alternate sedimentation, volcanism, metamorphism and intrusions of granites. The mountain range was subjected rather to the abrasion during Silurian period, and the characteristic Beacon sandstone sedimentation was extensively continued from Devonian to Jurassic, resulting in the present Beacon supergroup of about 2,500 m in thickness as illustrated in Fig. 8. The dolerite intrusions in Beacon supergroup are petrologically very similar to dolerites in Tasmania and in South Africa. Further fossil flora, fossil fauna and tillites (glacial deposits) discovered from



Geology of Antarctica (after Kizaki, 1973)

Fig. 8

Beacon supergroup have suggested that the Antarctic continent was a part of "Gondwana Land" together with Australian, Indian, African and South American continents, and was located in the northern temperate zone in Jurassic period (Fig. 9). Results of paleomagnetic and paleoglaciological researches have further verified the process of the continental drift.

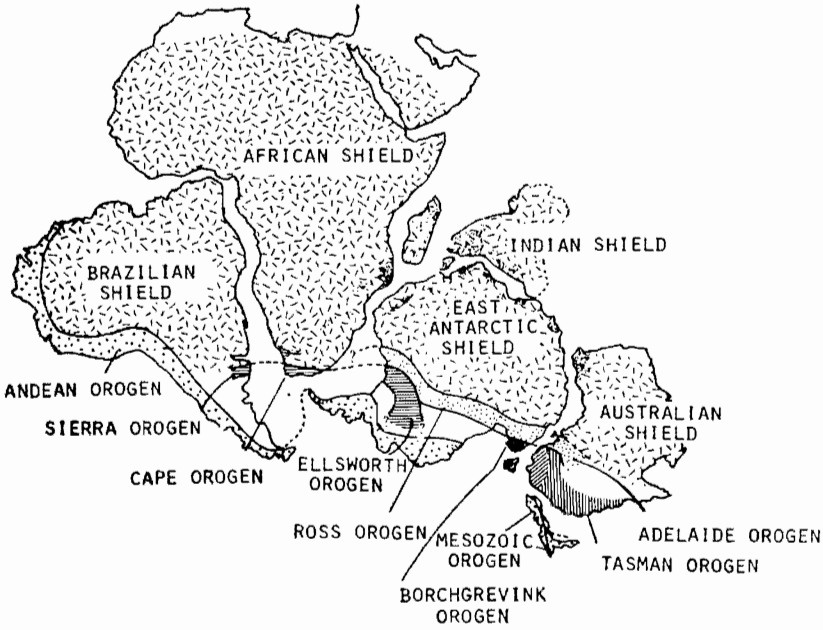


Fig. 9 Gondwana Land and its geological formations.

iii. West Antarctica

Geology of the West Antarctic region consists mainly of Ellsworth orogen in Early Mesozoic, Andes-Antarctic orogen in Late Mesozoic and volcanic activities in Cenozoic. The orogenic activities taking place about 200 x 10^6 years ago in Ellsworth area comprising Cambrian ~ Permian layers resulted in the formation of the present Ellsworth mountains. The Andes-Antarctic orogen extending from Andes mountain range in South America through Antarctic Peninsula to Marie Byrd Land in Jurassic ~ Cretaceous periods is characterized by the intrusions of a large amount of plutonic rocks. The volcanic zone through Antarctic peninsula and Marie Byrd Land, which was formed only in Cenozoic epoch, forms a partial chain of the circum-Pacific volcanic zone.

In addition to the above-mentioned geological researches of the Antarctic continent, geology of the continental shelf surrounding the continent has been gradually clarified. The carbon hydrates in the continental shelf and Dufek massif in the northern part of Pensacola mountains, which is very similar to Bushveld complex in South

Africa, could be good examples of hopeful mines of mineral resources in Antarctica in the future.

b) *Antarctic Glacial History*

It was known even before the IGY from geomorphological studies on glacial-eroded rocks that the Antarctic ice-sheet was considerably larger in the past than in the present. Systematic geomorphological and glaciological studies starting in the IGY have revealed the glacial history of Antarctica.

For example: 1. Multiple glaciations (four times) took place in McMurdo area in the past; 2. The ice sheet on the west side of Transantarctic mountains was the largest over 400 million years ago; 3. Ross ice shelf was expanded owing to the glacial eustasy when the northern hemisphere was subjected to the cold climate; 4. The sea water was extended into Dry Valley area in Southern Victoria Land in Pliocene and Miocene, etc.

Marine terraces and raised beaches along the Antarctic coast are indicating the recent crustal movements in association of developments and diminutions of the Antarctic ice sheet. On the other hand, banks in Ross sea may represent the moraines produced when the larger ice sheet covered the Antarctic continent. These geomorphological and geological studies in detail on exposed rock areas of Antarctica and the Antarctic continental shelf may reveal the recent geological history of Antarctica in association with changes of the Antarctic ice sheet.

§ 7. OCEANOGRAPHY IN ANTARCTICA

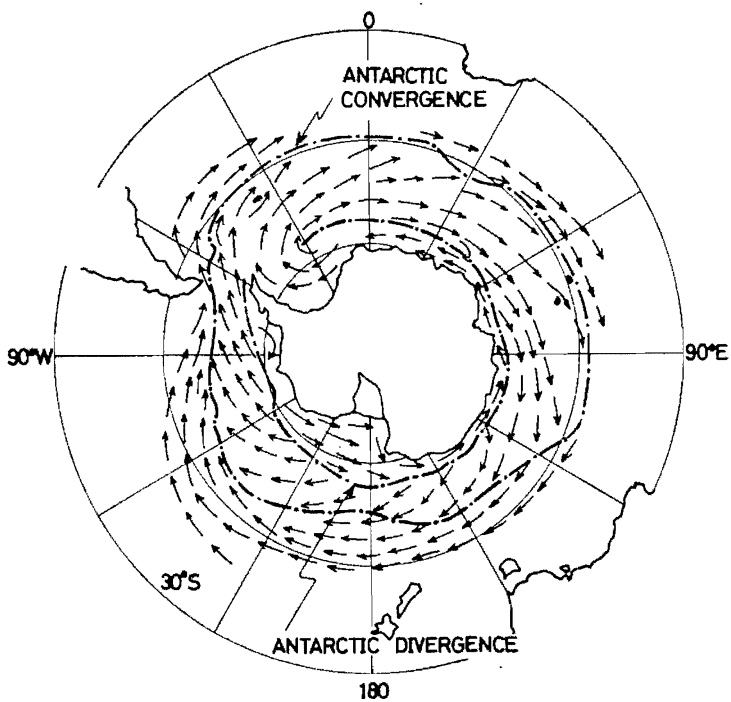
Physical and chemical oceanographies of the Antarctic Ocean (or the Southern Ocean) surrounding the Antarctic continent have been reasonably well developed, because the topography of Antarctic continent and its geographical relation with other continents are comparatively simple. Namely, except Drake passage between the southern end of South America and the northern edge of Antarctic Peninsula, the Antarctic continent of an approximately circular shape is surrounded by large oceans without any serious disturbance on ocean currents.

a) *Antarctic ocean currents*

The sea water in the Antarctic ocean (which could be defined as the ocean south of 55°S latitude circle) can be conventionally classified

into *Antarctic surface water, Antarctic circumpolar water* and *Antarctic bottom water.*

As already described in § 4 (glaciology), the prevailing wind is the east wind in the south (nearer the sea coast) of the Antarctic divergence line (where the upwell of sea water takes place) and is the west one in its north. As illustrated in Fig. 10, therefore, the direction of surface water currents is westward in the inside of Antarctic divergence, whereas it is eastwards in the outside. The westwind drift surface current in the outside of Antarctic divergence line extends beyond the *Antarctic convergence* line where the surface water comes downwards. (See Fig. 10). It has been observed that the comparatively cold sea water coming northwards from the Antarctic coast meets the comparatively warmer sea water mass coming from the north approximately on the Antarctic convergence line, where the



Antarctic surface water currents

Fig. 10

colder water tends to subside beneath the warmer water mass. In substitution, the sea water of 2,000 ~ 4,000 m in depth coming from the north comes upwards and southwards in the south side of the Antarctic convergence, thus forming the Antarctic circumpolar water.

The most particular characteristic of the Antarctic sea water is the production of *Antarctic bottom water* in Weddell Sea, Ross Sea and other Antarctic bays. The sea water remaining after the formation of fast ice at cold temperature in comparatively shallow sea water areas such as Weddell Sea or Ross Sea should have a higher salinity and colder temperature. Thus, the cold (about $-1.9°C$) and high-salinity (>34.6‰) water mass subsides down along the ocean bottom and flow out northwards. It is believed that the bottom water in the Atlantic, Indian and Pacific Oceans originates in this Antarctic bottom water.

b) *Geochemistry of the Antarctic ocean*

As described in § 4, about 2×10^{12} tons of Antarctic ice come out into the ocean water every year. Since about 1% or less of these ice masses are occupied by silicate dusts which the ice sheet or glaciers have scraped from the Antarctic bed rocks, the melting of Antarctic ice is considered to be the source of fine suspensions of silicate dusts in the ocean, approximately in the rate of 2×10^{10} tons/year.

Actually, the observed content of suspensions in the sea water amounts to 200-500 mg/l in the neighbourhood of Antartictic coast, decreases with an increase of distance from the coast and becomes less than 1 /m/l in the north of 60°S latitude circle.

§ 8. SOLID STATE GEOPHYSICS IN ANTARCTICA

Main results of researches of gravity and geomagnetic field distributions and seismology in Antarctica will be briefly summarized here under the title of "Solid State Geophysics".

a) *Earthquakes in Antarctica*

Since the IGY period, more than 10 seismological stations have been set up in Antarctica. This Antarctic seismological network is particularly important, because the major parts of the Southern hemisphere are occupied by the oceans so that the precise seismological observations in the Antarctic continent can supply extremely important data to accurately determine the earthquake foci.

The seismological data thus obstained indicate that earthquakes very

seldom occur in the Antarctic continent and its vicinity, but this continent is surrounded by the so-called Circum-Antarctic Seismic Belt in 50° ⌣ 60°S in latitude. This seismic belt comprises the Scotia arc seismic belt which is connected to the Mid-Atlantic ridge seismic belt and another branch belt along the boundary of the Antarctic plate which is extended to the western Pacific belt and the Mid-Indian Ocean belt. In other words, tectonic earthquakes have very rarely taken place within the stable Antarctic plate, though the boundary of the plate is fairly active in seismicity. However, the recent high sensitivity seismographs in Antarctica detected at least two earthquakes of about 4 in magnitude (M) within the Antarctic continent. These middle magnitude earthquakes may be related to the geologically recent tectonic activities represented by the formations of mountain ranges existing at present.

However, volcanic earthquakes in association with volcanic activities must be taken into consideration as an entirely different aspect of Antarctic seismicity. For example, seven earthquakes of M = 4.7 ⌣ 5.2 took place in Deception Island during the period of 1967-1970. Small volcanic earthquakes are currently occuring in the neighbourhood of Mt. Erebus in Ross Island also.

Another problem will be the measurements of icequakes by high-sensitivity seismographs, since the icequakes are directly related to the dynamic movement of ice sheet or glaciers.

b) *The crustal structure of the Antarctic continent*

From the dispersion characteristics of surface waves of long distance earthquakes observed at Antarctic seismological stations, approximate structures of the earth's crusts of the Antarctic continent and the neighbouring sea bottom bed have been estimated.

The average thicknesses of earth's crust thus obtained for East Antarctica, West Antarctica and Indian Ocean bed are about 40, 30 and 5 km respectively. It may be summarized in these results that the crustal thickness of Indian ocean bed in the vicinity of Antarctic coast is the same as that of the world average ocean bed, and that the crustal thickness of East Antarctica is fairly uniform and larger than that of West Antarctica by about 10 km. Other seismological parameters to represent the crustal characteristics of the East Antarctic Shield are nearly same as those of Australian and Canadian shields.

c) *Gravity Distribution*

The measurements of gravity have been made at more than 6,000 points along various Antarctic inland traverse routes to date. These gravity data have been utilized for determining the bed rock topography in Antarctica. From the observed gravity anomalies, the thickness of West Antarctic curst has been evaluated to be 25 — 35 km, which is in approximate agreement with the result obtained from the seismic surface wave dispersion.

The international gravity reference point in Antarctica is located at 69°00'3 S in latitude and 39°35' E in longitude (Syowa Station). The standard gravity value at the reference point of 14.0 m in elevation is 982.52630 gals. The gravity chart over Antarctica is now being compiled by the soviet group of SCAR geophysicists and will be soon published by the USSR Academy of Sciences.

d) *Geomagnetic Field*

The geomagnetic field distribution in Antarctica has been fairly well measured along various traverse routes. In addition, the satellite-borne magnetic surveys carried out in connection with the World Magnetic Survey (WMS) program (Cain and Langel, 1971) have supplied an almost complete continuous distribution of the geomagnetic field over Antarctica. Thus, the International Geomagnetic Reference Field (IGRF) sufficiently covers the Antarctic region. The South magnetic pole (where the horizontal magnetic force is zero and therefore the magnetic dip angle becomes 90°) is located at present at a point of 67.1°S and 142.7°E where is close to Dumont d'Urville station. The Antarctic magnetic charts based on the latest available data are now being compiled by Japanese group of SCAR geophysicists and will be soon published.

Some important results have been derived from the airborne magnetic surveys over special areas in Antarctica, particularly the vicinity of Mirny station and the neighbourhood of Dufek massif (e.g. Atlas Antarktiki, 1966). It seems that large magnetic anomalies found in these areas suggest the presence of iron-rich ores.

§ 9. UPPER ATMOSPHERE PHYSICS IN ANTARCTICA

Since the time of IGY period, the upper atmosphere physics research has been one of the best organized scientific programs in Antarctica. Up to the IGY period, scientific researches of the polar upper atmosphere phenomena including auroral displays had been promoted

mostly in the Arctic region. The coordinated observatory networks were established in Antarctica for the IGY purpose in order to make simultaneous observations of polar auroral and relevant phenomena together with the Arctic stations. During the IGY period, 22 Antarctic stations were operated for the upper atmosphere physics observations. Among them, 15 stations made the auroral observations with the aid of the all-sky cameras, 13 the geomagnetic variation recordings by the magnetographs and 18 the ionosphere sounding by the ionosondes. In addition, the auroral spectral photometry, the induction magnetographs to observe ULF emissions, the riometer observations, VLF- and ELF auroral radio wave emission observations and cosmic-ray counters were operated at several selected stations.

Thus, the observatory networks in Antarctica for the upper atmosphere phenomena became almost as good as those in the Arctic region. The IGY was the opening of the present "space age", because tremendous progress in our knowledge of the earth's outer atmosphere and the surrounding space was achieved by this program. For example, the conjugate relationship of auroral phenomena between an Antarctic site and its geomagnetically conjugate point in the Arctic was first established in the IGY programs.

The IGY and IGC-1959 programs were followed by the International Quiet Sun Year Programs (IQSY) and then by the International Active Sun Year Programs (IASY). These international scientific programs to clarify the solar-terrestrial relationship on the basis of worldwide observatory networks have resulted in a successfull achievement of understanding the physics of the interaction of the solar plasma stream (the solar wind) and the earth's atmosphere through the earth's magnetic field. A large number of artificial satellites were launched to make comprehensive studies on the earth's magnetosphere and its variations.

The earth's magnetosphere is frequently attacked by stormy events-called the *magnetospheric substorms,* and the magnetospheric substorms are always accompanied by the polar aurorae. Since the polar aurorae appear only in the Arctic and Antarctic regions on the earth, the systematic simultaneous observations of aurorae and relevant upper atmosphere phenomena in both the Arctic and the Antarctic are the essential basic requirement for promoting the solar-terrestrial relations physics, or in other words, the magnetospheric and space physics. In this sense, the upper atmosphere physics researches in Antarctica have an extremely specific significance.

a) *Observation networks and programs for* IMS *in Antarctica*

The International Magnetosphere Study (IMS) program has been specifically organized for the period of 1976-1978 to systematically promote comprehensive researches of the earth's magnetosphere and its variation-particularly the magnetospheric substorms. In the IMPS programs, the coordinated researches of the magnetosphere with the aid of artificial satellites, sounding rockets, high-altitude balloons and ground based observatory networks are carefully planned, and specific emphasis is given to the importance of observatory networks in the Antarctic as well as in the Arctic.

i. Ground-based observatories in Antarctica

Table 7 shows the Antarctic stations for the IMS and the scientific observation disciplines which they are conducting. Fig. 1 illustrates the locations of these IMS observatories in Antarctica. As seen in the figure, the distribution of observatories is more adequate than in the northern polar región, because the scientifically significant sites can be selected for the locations of such observatories in the Antarctic polar cap region which is a continent.

As for the observation disciplines listed in Table 7, the basic routine observations instruments for the upper atmospheric phenomena such as all-sky cameras, magnetographs and ionosondes have been maintained or increased in number at these Antarctic stations in the IMS programs in comparison with the IGY programs. Remarkable progresses have been made in the IMS networks in regard to the photometric observations of aurorae (12 stations), the ULF observations by means of induction magnetographs (19 stations), the ionospheric absorption measurements by riometers (19 stations) and the VLF auroral radio wave measurements (12 stations). This advanced situation of the upper atmosphere researches in Antarctica is due to the real international cooperation and coordination in Antarctica in response to the recent rapid progress in space physics.

In addition, special emphasis is put on the *unmanned observatory networks* for these upper atmospheric physics in Antarctica, because some scientifically important sites for such observations are inconvenient for the human-life of engaging scientists. The unmanned observatory networks built up by Australian, Japanese, UK, USA and USSR groups in Antarctica are efficiently working in Antarctica and supplying very important information.

Station	Aurora		Geomagnetic variation		Ionosphere		Radio-emission		Cosmic Rays	
	All-sky	Photometers	Magneto-meter	Induction magneto-meter	Ionosonde	Riometer	VLF-recorder	ELF-recorder	Neutron	Meson
(Argentina)										
1) General Belgrano	○	○			○	○	○		○	
2) Orcadas			○							
(Australia)										
3) Davis	○			○		○	○	○		
4) Mawson	○		○	○	○	○	○		○	○
5) Casey	○		○	○	○	○				
6) Macquarie Island	○	○	○	○		○	○	○		
(Chile)										
7) Presidente Frei			○							
(France)										
8) Dumont d'Urville	○	○	○	○	○	○				
9) Port-aux-Francais	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
10) Port Alfred			○	○					○	
(Japan)										
11) Syowa	○	○	○	○	○	○	○	○		
12) Mizuho	○	○	○	○		○	○	○		
(New Zealand)										
13) Scott Base	○	○	○	○	○					
14) Campbell Island	○		○	○	○	○	○			
15) Vanda			○							
(South Africa)										
16) Sanae	○	○	○	○	○	○			○	
17) Borga	○	○	○							
18) Marion Island			○		○					
(U.S.S.R.)										
19) Mirny	○		○	○	○	○				
20) Novolazarevskaya	○		○	○		○				
21) Vostok	○		○	○	○	○			○	
22) Molodezhnaya	○		○	○		○				
23) Bellingshausen			○							
24) Leningradskaya			○							
(U.K.)										
25) Argentine Islands			○		○					
26) Halley Bay	○		○		○		○			
27) South Georgia			○		○	○			○	○
(U.S.A.)										
28) McMurdo		○	○	○		○	○	○	○	○
29) Siple	○	○	○	○		○	○	○	○	○
30) South pole	○	○	○	○	○	○	○	○		

Table 7. Ground-based observatories and programs for IMS (1976-78) in Antarctica.

ii. Sounding rocket and balloon programs

The direct measurements of the high atmosphere and the upper atmosphere by means of souding rockets are now becoming very important methods of researches of these phenomena. The sounding rocket programs performed to-date in Antarctica are summarized in the following table (Table 8).

TABLE 8
SOUNDING ROCKET PROGRAMS IN ANTARCTICA

Lanch Site	*Coordinates*	*Date*	*Observing Item*
Dumont d'Urville	66°40'S	1968	Particles
	140°01'E		VLF-emissions
Molodezhnaya	67°40'S	1968 ~	Atmosphere
	45°51'E		Particles
			Electric fields
Syowa	69°00'S	1970-3	Particles
	39°35'E	1976 ~	Electric and magnetic field
			Ionosphere
			VLF-emissions, etc.
Kerguelen	49°21'S	1975 ~	X-rays
	70°12'E		Electric fields, etc.

The measurements of auroral X-rays, electric fields, precipitating particles, VLF emissions etc. by means of high-altitude balloons at 30 ~ 35 km in hight also are very powerful methods in studying the auroral phenomena. The following table (Table 9) summarizes the balloon-borne measurements of these aurora-related phenomena to date in Antarctica.

iii. Conjugate Point Research Programs

As already mentioned, the Arctic upper atmosphere is connected by geomagnetic field lines through the earth's magnetosphere to the Antarctic upper atmosphere. Acually, the electromagnetic instabilities in the plasma in the earth's magnetosphere cause sudden breakups of simultaneous precipitations of auroral particles towards both the Antarctic and Arctic auroral zones along the geomagnetic field lines. Consequently, the coordinated simultaneous observations of the auroral phenomena at geomagnetically conjugate prints have specifically important significance in these studies.

TABLE 9

BALLOON PROGRAMS IN ANTARCTICA

Lunch Site	*Coordinates*	*Date*	*Observing Item*
Mc Murdo	77°51'S	1968-69	cosmic radiation
	66°37'E		
Kerguelen	49°21'S	1967-68	Electric field
	70°12'E	-	Auroral X-rays
Dumont d'Urville	66°40'S	1973	Electric field
	140°01'E		
Siple	75°55'S	1969-70	Electric field
	83°55'W	1974～	Particles
			VLF-emissions
Syowa	69°00'S	1969-73	Electric field
	39°35'E	1976～	Auroral X-rays
			VLF-emissions

The conjugate point research programs for the auroral phenomena have been carried out to date at the conjugate pairs, one in the Antarctic and the other in the Arctic, as summarized in the following table (Table 10) .

TABLE 10

CONJUGATE PAIRS AND THEIR RESEARCH PROGRAMS

The Antarctic station	*Conjugate Station*	*Date*	*Observing Item*
Byrd	Great Whale River (Canada)	1960-72	ULF, VLF-emissions Ionospheric absorption, etc.
Macquarie Is.	Kotzebue (Alaska)	1968-	ULF
Mc Murdo	Shephard Bay (Canada)	1965-	Geomagnetic field, Ionospheric absorption, etc.
Siple	Roberval (Canada)	1969-	Geomagnetic field, ULF, VLF-emissions, Artificial stimulation experiment, etc.
Vostok	Kanak (Greenland)	1968-	ULF, VLF-emissions
Halley Bay	St. Anthony (Canada)	1972-	VLF-emissions
Syowa	Reykjavik (Iceland)	1959-	Geomagnetic field, ULF. VLF-emissions, etc.

iv. Polar Orbiting Satellite Programs

Special polar orbiting satellites will be launched for the IMS programs. Even at present, several polar orbiting satellites such as ISIS-I, ISIS-II, USAF-DAPP, NOAA-III, NOAA-IV, etc. are supplying extremely important data of the top-side ionosphere, VLF-emissions, auroral emissions, visible and infra-red radiations, etc. is the entire Antarctic region.

These satellite data are being currently received at the satellite data receiving stations located mostly outside of Antarctica and those data are processed for the use of world scientists. Several Antarctic stations, however, are now directly receiving these satellite data in situ. These satellite data receiving stations are located at Syowa (for ISIS-I, -II, NOAA-III, - IV), Dumont d'Urville (ISIS-I, ISIS-II), Kerguelen (ISIS-I, -II) and McMurdo (NOAA-III, -IV and others).

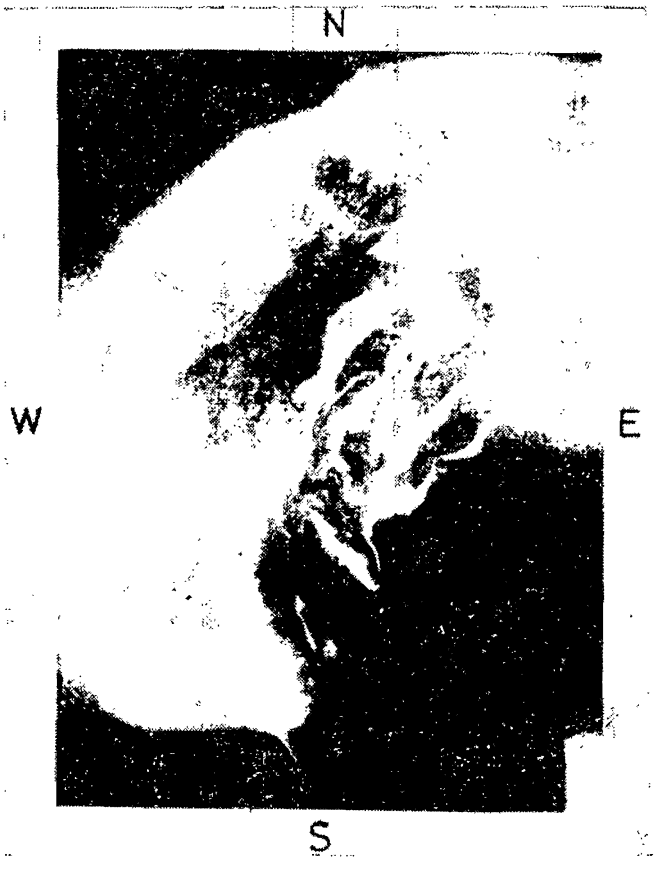
b) *Main Scientific Results*

The substance of scientific results of observations analyses and physical interpretations of the upper atmospheric and magnetospheric phenomena obtained in Antarctica may be too much professional to be described in detail in the present general review report. A very brief summary of these results may be found, for instance, in "Austral Substorm" by Nagata (1971) or in "Auroral Flares and Solar Flares" by Nagata (1975), while the whole scientific story of these results are well summarized in "Polar and Magnetospheric Substorm" by Akasofu (1968) or "Solar Terrestrial Physics" by Chapman and Akasofu (1972). However, an outline of the polar and magnetospheric substorm physics derived mostly from Antarctic data will be briefly introduced here.

i) *Austral aurorae. (The Southern aurorae)*

The southern aurora was very little known until the IGY time. Now every aspect of the southern aurorae is known as equally well as the northern aurora . (Fig. 11 illustrates an example of southern aurora photographed from a satellite. It is clearly seen in this photograph that an electron auroral bulge newly formed is going to espand poleward and westward. The broad diffuse aural belt suriounding the sharp electron auroral bulge is the proton aurora.

The sharp electron aurorae are the greenish-yellow coloured aurorae which can be easily observed by naked eyes. It has been established that electron aurorae are emitted from the upper atmosphe-



Example of the electron auroral budge surrounded by diffuse proton auroralt, belt, photographed by DAPP satelite in the southern polcr region. (18 58UT, June 24, 1973)

ric oxygen atoms excited by the precipitating elecrons. The diffused proton aurorae, which are much fainter than the electron aurorae, are emissions from the precipitating protons by recombining the upper atmospheric electrons.

Fig. 11 represents a typical onset of the *expansion phase* of auroral activity (the auroral flare). The auroral flare phenomenon comprises the initial *growth phase* and the following *expansion phase*. The growth phase is commenced by a growth up of the magnetospheric plasma disturbance caused by a reconnection of the magnetospheric magnetic field with the solar wind magnetic field. The grown-up

magnetospheric plasma motion finally results in an plasma instability in the anti-solar side (night-side) magnetosphere, electrons and protons there being accelerated by the instability effect to precipitate into the earth's polar atmosphere along the geomagnetic field lines. This is an onset of the auroral flare expansion phase. The time duration of the growth phase is generally 1 ∽ 2 hours.

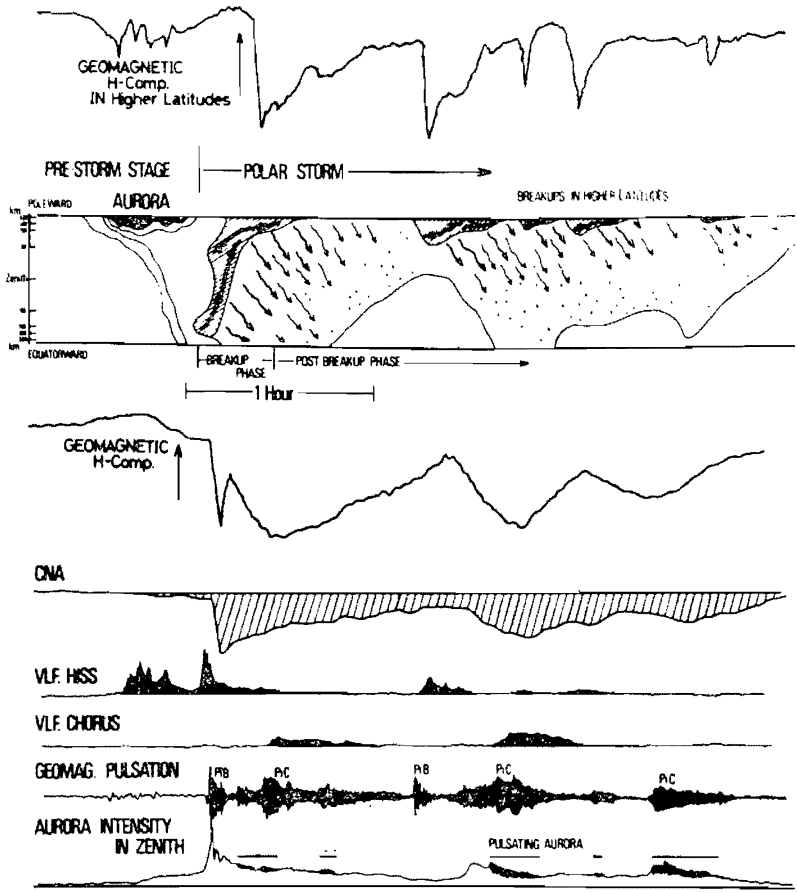
The onset of the expansion phase is characterized by a) a sudden brightning of the electron auroral is near the midnight, which rapidly moves poleward and forms an electron auroral bulge, the newly formed auroral bulge rapidly expanding poleward and westward (where the expansion velocity is about 1 km/sec), and b) a sudden brightning proton aurora in the post-midnight sector. During 10 ∽ 30 minutes after the expansion phase onset, the electron auroral bulge further expands westward and poleward. In the area which has been swept by the expanding electron aurora, the proton auroral belt which was previously shifted equatorward, returns poleward. In the dusk sector, the bridghtness of proton aurora is greatly increased and this proton auroral belt expands equatorward. 1 ∽ 2 hours after the expansion phase onset, the poleward and westward expansion of the electron aurora is stopped, and the equatorward expanded proton auroral belt in the evening sector begins to return poleward. This is the recoveryphase of an auroral flare. It has been physically clarified that these movements of electron and proton auroral belts are caused by the electron and proton movements in magnetosphere due to the magnetospheric plasma folw instability.

ii. Polar Magnetic substorm

It is observed in the case of an auroral flare that intense electric currents flow along the lines of geomagnetic field and the auroral zone ionosphere, thus producing a polar magnetic substorm. Westward electric currents flow along a bright arc of the electron aurora, resulting in a negative magnetic bay on the ground. Along a band of the proton aurora, on the other hand, eastward electric currents flow and consequently the currents are associated with a positive magnetic bay on the ground. Historically, studies on these magnetic bay phenomena were the initiation of researches of the magnetospheric substorms including auroral flares.

iii. Other polar substorm phenomena

Fig. 12 schematically illustrates an example of simultaneous magnetic, ionospheric and VLF substorm phenomena which are associated with



Schematic summary of polar substorms and associated phenomena.
From the top to the bottom:
(1) H-component of magnetogram at higher latitudes.
(2) Meridian-time diagram of λ4278Å auroras.
(3) H-component of magnetogram at the same station as (2).
(4) CNA observed at the same station as (2).
(5) Intensity of auroral VLF hiss observed at the same station as (2).
(6) Intensity of VLF chorus observed at the same station as (2).
(7) Magnetic pulsations (ULF emission) observed at the same station as (2).
(8) Intensity of aurora at the zenith of the same station as (2).

Fig. 12

an auroral flare, observed at Syowa station. In the figure, the second line diagram represents a space-time diagram of green electron aurora. The break-up of aurora corresponds to an onset of the expansion phase, which is characterized by a sudden brightning of electron auroral internsity and the rapid poleward movement of the bright aurora. Simultaneously with the auroral break-up, a sharp magnetic substorm of a negative bay type, the cosmic noise absorption (CNA) by the ionosphere, VLF hiss emissions, and ULF emissions (geomagnetic pulsations) of PiB type take place. In association with the later post break-up phase, which is characterized by the equatorward movement of weaker electron aurora, a broad negative bay type of magnetic substorm, the broad CNA-phenomena of a weaker intensity, VLF chorus emissions and ULF emissions of PiC type take place simultaneously. The physical mechanism among these observable phenomena have been almost sufficiently understood, though not completely yet.

In Fig. 12, auroral break-ups at a higher latitude, which are frequently observable at the poleward horizon at a lower latitude, are associated with break-up type magnetic substorm at the higher latitude, but only VLF hiss emissions are observable at the lower latitude. This is because the VLF hiss emissions are the propagating electromagnetic waves.

10. BIOLOGY AND MEDICAL SCIENCES IN ANTARCTICA

It could be said that the Antarctic biology was practically started with the huntings of *southern fur seals* in the 18th Century and those of *southern elephant seals* in the 19th Century. Because no control measure was taken for the conservation of these seals, they almost disappeared in the Antarctic Ocean (the Southern Ocean) area in the beginning of the 20th Century. The information of marine animals in the Antarctic Ocean given by the seal hunters and the Antarctic expedition teams gave rise to the pelagic *whaling* activities from about 1925 to 1960. Unfortunately, the control measure for the preservation of whales also was not successful in the Antarctic Ocean, and consequently we are now facing an extreme shortness of Antarctic Ocean whale resources. In connection with the whaling businesses, however, the biological researches of whales themselves and the general studies on marine biological systems such as the structure of ecosystem and the food chains have been markedly developed.

For example, the extensive results of marine biological researches carried out by Discovery II are the classic standard of marine

biology in the Antarctic Ocean still at present. The significant marine biological characteristics in this ocean such as a considerably short life of the food chain and a simple structure of ecosystem were already found by this research expedition. Further, the fundamental biological knowledge of *Antarctic krill* (Euphausia superba) also was discovered by Discovery II.

Since the time of IGY, systematic studies of *fauna* and *flora* in the Antarctic continent and its vicinity as well as the marine biological researches in the Antarctic Ocean have been markedly developed, though the structure and function of Antarctic ecosystem have not yet been fully quantitatively clarified at present.

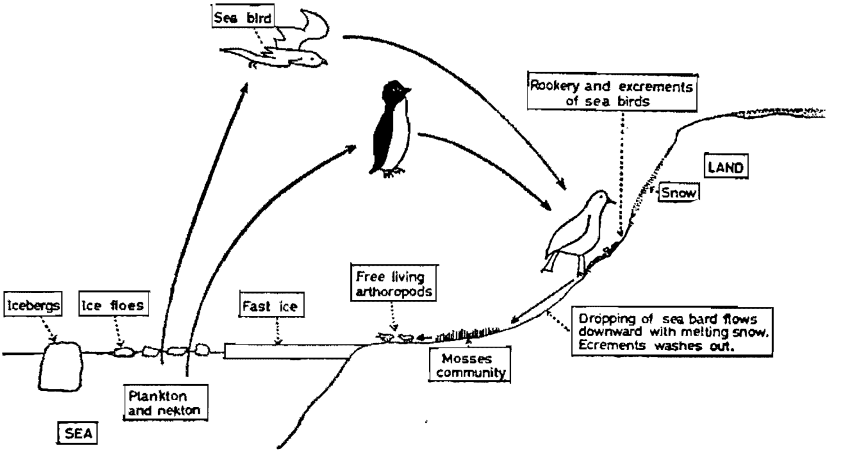
a) *Terrestrial Biology in the Antarctic continent*

In general, Antarctic fauna and flora comprise the *micro-organisms* and the *lower plants* respectively. Starting with the taxonomical researches of these fauna and flora in early times, the ecological and physiological researches also have recently been remarkably developed. It has been known, in particular, that the terrestrial ecosystem in researches of these fauna and flora in early times, the ecological and Antarctica is very closely related to the marine ecosystem in the surrounding sea.

The flora and fauna in Antarctica are simple and poor. Only two species of the flowering plant have been discovered to date in Antarctic Peninsula. The other Antarctic flora consist of only *mosses, lichens* and *algae*. Moreover, the vegetations of these mosses, lichens and algae are developed only in limited areas of exposed rocks near the Antarctic coast. For example, the moss community is developed mostly over sand area on the hill slope behind the prevailing wind; the vegetation of mosses, lichens and algae are frequently found in the neighbourhood of *penguine* rookeries and nests of *snow petrels*. These observed facts may suggest that the Antarctic plant vegetations can be developed mostly in the areas where the necessary water is properly supplied and the necessary nutritive elements can be adequately supplied from the excrements of these Antarctic birds.

Recently large groups of *mites* and *collembolans* have been found in the moss vegetations and their neighbouring soils. It has been further found that *protozoans* and *rotifers* are living in the moss water. It is believed that these micro-organisms are dependent on bacteria in the vegetation of the lower plants and neighbouring soils. Antarctic birds, such as penguins (Emperor, Adelie, Chinstrap and Gentoo penguins) south-polar skua, snow petrel, and others are get-

ting their foods mainly from the surrounding sea, and then their excrements are supplying the nutritive elements for the lower plants and micro-organisms on and near the Antarctic coast. Then, the food chain cycle for the terrestrial and marine lives may be schematically expressed as illustrated in Fig. 13. This figure may be considered as a summary of biological researches of the life history of seals, penguines and other birds, fishes, some invertebrate and zoo-planktons in and out the Antarctic sea coast. The Antarctic Treaty consultative meetings have made several recommendations (I-8, II-2, III-8, III-9 and IV-18) fot the conservation of Antarctic fauna and flora. Particulary, Recommendation III-8, titled "Agreed measures for the conservation of Antarctic fauna and flora" defined, in its Article VII, *"Specially Protected Areas"* which shall be special protected in order to preserve their unique natural ecological system. A number of special protected areas have been designated and authorized by the Antarctic Treaty Powers.



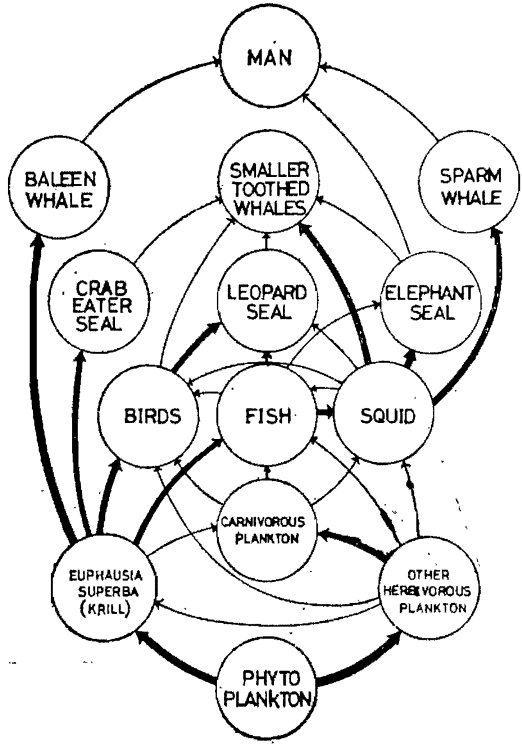
An example of food chains in Antarctica

Fig. 13

b) *Marine Biology in the Antarctic Ocean*

During the past twenty years, biological researches of the primary production by the phyto-planktons, the taxonomy and ecology of zoo-planktons including Antarctic krills, the ecology of benthic animals,

and so on in the Antarctic Ocean have been considerably progresse. Thus, the food chains (or the food web) in Antarctica has been qualitatively summarized as shown in Fig. 14 for example. In this food chain cycles, phyto-planktons, zoo-planktons, fishes, birds, seals and whales are involved as the main elements to compose the food chains. Compared with the food chains in other oceans, however, the structure of Antarctic Ocean food chains from the phyto-planktons



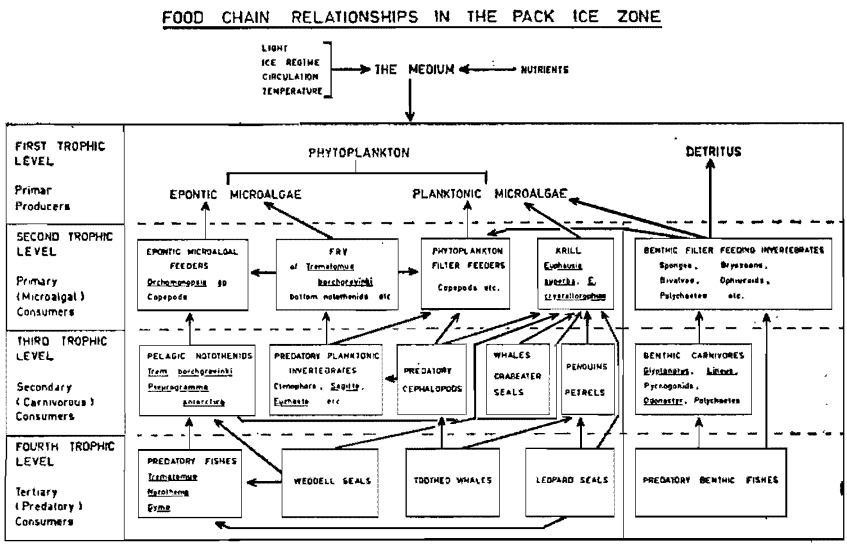
(after Mackintosh, 1965)

Food chains in the Antarctic.

Fig. 14

as the primary producers to the final consumers such as Baleen whales or Sperm whales is very much simple.

In the food chains shown in Fig. 14, the most important zoo-planktons would be *Euphausia superba* (krills) as indicated by the thick lines connecting to phyto-planktons on one side and fishes, birds, crab-eater seals and Baleen whales on the other side. The biomass of Euphausia superba is approximately equivalent that of all other zoo-planktons in the Antarctic Ocean (Actually, those krills frequently form dense patches of 4 ∽ 100 kg/m³ in density, whereas the density is about 4 gm/m³ in other parts of the sea surface), and they are found in a broad zone from the pack ice areas near the Antarctic coast to the Antarctic convergence line. The marine food chain system particularly in the pack ice zone may be interesting in relation to Figures 13 and 14. Fig. 15 illustrates a diagram of food-chain relationships in the pack-ice zone, where also the fundamental food-chain of phyto-plankton → zoo-plankton → fishes, sea birds and seals can be clearly observed. The over-all picture of food chain relationships among various kinds of lives on



Food-chain relationships in the pack-ice zone. Based on an unpublished figure by Andriashev.

(After Knox, 1970)

Fig. 15

the Antarctic coast and in the surrounding Antarctic Ocean can be outlined by combining Fig. 15 with. 13 and 14.

Although the ecosystem of Antarctic lives seems to be comparatively simple, rather little has been known to date about the quantitative aspects of structure and function of ecosystem and the biomass of Antarctic lives, because Antarctica is too big to be biologically studied in detail at present. For example, the biomass of squids in the Antarctic Ocean has been very little known and the population sensus of animals on the fast-ice — pack-ice zone has not yet been sufficiently made except for seals. Very little is known also on the life history of Antarctic lives in the Southern winter season, though their summer life histories are more or less brough up to our knowledge.

c) *Antarctic Human Biology and Medicine*

The human biology and medicine in Antarctica are being gradually systematized, since a number of people are spending the wintering over life at many Antarctic stations on thoses days. The Antarctic human biology including the human physiology and psychology should be a very broad scientific subject to be studied exactly and in detail for the purpose of development of utilization of Antarctica in the future. In this review report, only scientific topics taken up in a symposium on "Human Biology and Medicine in the Antarctic" held in 1972 under the auspices of SCAR, IUPS (International Union of Physiology) and IUBS (International Union of Biological Sciences) will be introduced. It is because the titles of human biological papers presented to this Symposium can well demonstrate what are significant research item in this particular branch of Antarctic sciences.

Those titles are as follows:

— Australian physiological research in the Antarctic and Subantarctic with special reference to thermal stress and acclimatization (authored by Budd).
— The main trends of Soviet medical investigations in Antarctica (Tikhomirov).
— Review of medical research performed in the French Antarctic territories (Rivolier).
— Review of medical research at the Japanese station (Syowa) in the Antarctic (Yoshimura).
— Medical problems encountered in French Antarctic missions; the value and methods of selection (Doury and Pattin).

– Medical problems encountered on British Antarctic expeditions (Lloyd).

– Antarctic epidemiology – a survey of ANARE stations 1947-72 (Lugg).

– Effects of an Antarctic environment on dental structure and health (Beynon).

– Effects of a reduced sucrose intake on dental plaque in a group of men in the Antarctic (Fly).

– Viruses and acute respiratory infections (Tyrrell).

– Common cold epidemiology in Antarctica (Allen).

– Respiratory virus disease in the Antarctic: immunological studies (Holmes).

– Immunoglobulins during South polar isolation (Muchmore, Tatem, Worley, Shurley and Scott).

– The role of catecholamines in human acclimatization to cold; a study of 24 men at Casey, Antarctica (Godey).

– Serum thyroxine and triiodithyronine responses to cold in man (Leith).

– Studies on mentabolism and nutrition of the Japanese wintering group in Antarctica (Ashaina).

– Basal metabolism and other physiological changes in the Antarctic (Ohkubo).

– Acclimation to heart in Antarctica (Wilkins).

– Studies on energy expenditure in the Antarctic (Brotherhood).

– Activity patterns of Canadian Eskimo (Godin and Shephard).

– Fitness for Arctic life: the cardio-respiratory status of the Canadian Eskimo (Shephard and Rode).

– Effects of season and of sledging on walking palmar sweating (Davies).

– Experimental freezing of the finger; a review of studies (Wilson).

– Evaluation of adaption of the polar environment by autonomic nervous system response (Leblanc).

– Antarctic climate, clothing and acclimatization (Robers).

– The conceptual framework of cold adaption (Eide).

– Polar summer: a natural laboratory for human circadian rhythm studies of a simulated time-zone shift and test of a potential chronobiotic (Quiadon). (Simpson, Bellamy, Bohlen and Halberg).

— Circadian rhythms in the Eskimo (Lobban).

— On the character of the daily rhythm of body temperature of the subjects at Vostok station (Tikhomirov).

— Studies on acclimatization and the circadian rhythm related with the pattern of activiy in the Antarctic (Yoshimura).

— An antarctic sleep and dream laboratory (Brooks, Natani, Shurley, Pierce and Foern).

— Sleep research in the Antarctic (Natani and Shurley).

— Psychological studies in Antarctica: a review (Gunderson).

— Selection and phychological adjustment of individuals living in small isolated groups in the French Antarctic stations (Crocq. Rivolier and Cazes).

— Psychological adjustment at a small Antarctic station, an MMPI study (Blacburn, Shurley and Natani).

— Interpersonal relationships, job satisfaction, and subjective feelings of competence: their influence upon adaptation to Antarctic isolation (Natani, Shurley and Foern).

— The adaptation of a small group to life on an isolated Antarctic station (Lugg).

— Emotional and social adjustment of recent US winter-over parties in isolated Antarctic stations (Strange and Klein).

— The adaptation of New Zealand research personnel in the Antarctic (Taylor).

— Antarctica is also a prime natural laboratory for the behavioural sciences (Shurley).

§ 11. UTILIZATIÓN OF SCIENTIFIC RESULTS OBTAINED IN ANTARCTICA

a) *The Southern Hemispher Weather Watch*

As described in § 8, IAMRC at Melbourne is actively working not only as the center of Antarctic weather monitoring but also as an important key center for the southern hemisphere weather watching network. All available meteorological data obtained at Antarctic stations are being sent into the IAMRC by the quickest possible way. For example, the surface meteorological data regularly obtained at Mizuho Advanced Station (70° 42' S, 49° 17' E), whis is maintained by only 4 wintering members, are being currently sent in to the IAMRC through Syowa and Mawson stations.

The meteorological and aerological data of Antarctica thus col-

lected by the IAMRC immediately result *in compilations* of the southern hemisphere synoptic weather maps as well as the Antarctic synoptic weather maps for various different altitudes. The particular situation of Antarctica in controlling the world global weather specifically the southern hemisphere, has already been pointed out in § 3. This particular influence of Atnarctica upon the weather is due to the strong albedo of the Antarctic ice-sheet for the solar radiation, causing a marked negative value of the net heat balance, and also to its continental topography of about 4,000 km in mean diameter, which prohibits the ocean currents to work for compensating the extremely cold Antarctic weather. The weather forecasting or the weather monitoring should be the primary basis for the modern schemes for developing the civilization. The present meteorological station networks in Antarctica and the existing scheme for utilizing their data must therefore be maintained at least for the southern hemisphere.

b) *Antarctic Ice*

It seems now that the tremendous amount of ice over Antarctica, about 2.4×10^7 km^3 in volume and 2×10^{16} tons in weight, is becoming the great resource of fresh water, even though the economical utilization may be still premature at present. If the transportation of a large amount of Antarctic ice from the Antarctic to densely populated parts of the world could become economically possible in some ingenious way in the future, we may be able to utilize about 2×10^{12} tons. (2.4×10^3 km^3 in volume) of Antarctic ice every year without losing the permanent stock of ice over Antarctica. As summarized in 4, the huge Antarctic ice sheet is approximately keeping its mass balance between the snow accumulation of 2×10^{12} tons/year over there and the ice outflow of the same or less amount from its outer edge.

It has been often suggested, on the other hand, that the Antarctic ice sheet could be a great ice-box. The utilization of Antarctic ice in this way also depends on the convenience of transportation facilities for stocked materials. It seem, however, that this idea will become not a daydream any more in the future.

c) *Mineral Resources*

It is described in 6 that the East Antarctic shield, Transantartic mountain zone (Ross orogen) and Ellsworth mountain zone were parts of Gondwana Land in the geologic past. As illustrated in Fig.

9, geological and geophysical evidence has suggested that 30°W ⌣ 10° E, 10° E ~ 30° E 30° E ⌣ 80° E and 110° E ⌣ 170° E of the Antarctic continent coasts were connected to the eastern coast of South Africa, Madagascar, the eastern coast of India and the southern coast of Australia respectively in Gondwana Land formation. The mineral deposits in Africa, Madagascar, India and Australia have been reasonably well known and a number of them are being exploited. The mineral deposits in these continents are ferrous metals (magnetite and other iron ores), base metals (Cu, Pb, Zn, Mo, etc.), precious metals and stones (Pt, Au, Ag, Diamond, etc.) and other metals (U, W, Ti, Cr, Ni, Be, etc.). Because of the continuity of geological formations throughout Antarctica, Australia, India, Madagascar and Africa in the old Gondwana Land, the probability of the presence of each ore deposit in Antarctica can be evaluated by interpolations and extrapolations of the known data of number of the deposit in the other continents on the basis of the continuity of geological formation. The following table (Table 11) is a result thus estimated for the probable number of deposits of four different groups of metallic ores in the Antarctic Shield (Wright and Williams, 1974).

TABLE 11

NUMBER OF ORE DEPOSITS IN AUSTRALIAN, INDIAN, MADAGASCAR AND AFRICAN SHIELDS AND THE EXPECTED NUMBER OF DEPOSITS IN ANTARCTIC SHIELD

Deposit	*Shields*					*Expected for Antarctic*
	Australia	*India*	*Madagascar*	*Africa*	*Total*	*Shield*
Ferrous metals	9	57	15	76	157	138.4
Base metals	17	5	6	49	77	68.9
Precious metals	9	5	13	48	75	66.1
Others	5	28	10	40	83	73.2

(after Wright and Williams, 1974)

The expected number of ore deposits in the Antarctic Shield is estimated simply by the ratio of Antarctic Shield area to the total area of the other four shields. However, the major parts of Antarctic shield is covered by the ice sheet, the total exposed rock areas being only 0.21% of the whole shield area. If we are concerned only with the exposed area for estimating the probability to find mineral deposits, the probable number of deposits must be much reduced as shown

in Table 12, where the similar estimations are given for Andean, Ellsworth and Ross orogen zones also.

TABLE 12
EXPECTED NUMBER OF MINERAL DEPOSITS IN EXPOSED AREAS (E. A.) OF ANTARCTICA

Deposits	*Andean Orogen* (4.0) *		*Ellsworth Orogen* (1.0) *		*Ross Orogen* (6.0) *		*Antarctic Shield* (0.2) *	
	Total	*Exposed area*	*Total*	*E.A.*	*Total*	*E.A.*	*Total*	*E.A.*
Ferrous metals	60	2.4	90	1.0	9.5	0.6	138.4	0.29
Bases metals	180	7.2	55	0.7	9.5	0.6	68.9	0.15
Precious metals	80	3.2	10	0.1	6.0	0.3	66.1	0.14
Others	60	2.4	15	0.2	8.0	0.5	73.2	0.15

* The numeral in parenthesis represents the percentage of exposed area.
(after Wright and Williams, 1974)

Results given in Table 12 may indicate that the probability to find metallic ore deposits in exposed areas in Antarctica is not too much promising except Antarctic Peninsula which was subjected to Andean Orogen. If some mining techniques are invented in the future to exploit the ore deposits under the ice sheet, then the Antarctic could become a subeconomic region for mineral resources. Actually, garnet magnetite veins were found in Mt. Hedden and Mt. Humboldt in Queen Maud Land, and iron deposits are exposed in outcrops on the coast of Enderby Land. At present, however, Wright and William stated that the few localities where valuable minerals have been identified in Antarctica must be classified as "Mineral occurrences", not mineral districts yet.

On the other hand, the *coal* resources in the Beacon group along Transantartic mountains have been sufficiently measured in places to permit estimation of volumes. It is said that quality and location of the coal resources may be considered economically usable even at present. Another example of mineral occurrence in Antarctica is the appearance of *gas* in Ross Sea. The geological structure of Ross Sea, Weddell Sea and Bellingshausen Sea are favourable for the presence of *oil* and *gas*. *Manganese nodules* in the *Antarctic* Ocean also could be considered as a potentiality of Antarctic mineral resources. It may be summarized about Antarctic mineral resources at present that only an outline of Antarctic geologic history has been approximately revealed to date but no local geology has

yet been clasified in detail, and therefore prompt promotions of systematic geological, geophysical and geochemical studies including the mining geology should be emphasized in the near future by taking into consideration the Antarctic potentiality for mineral resources.

d) *Marine Living Resources*

i. Euphausia superba (krills)

Figures 14 and 15 in 10 illustrate the food chain systems in the pelagic zone and the pack-ice zone respectively in the Antarctic Ocean. In both cases, Euphausia superba (Antarctic krills) play the most important role. As shown in Fig. 14, Baleen whales (Fin, Blue, Sei, Humpback and Minke whales) eat mostly krills together much less amounts of fishes and squids, whereas Sperm whales do squids and a little amount of fishes.

Since the total biomass of Antarctic whales has much decreased owing to the failure in a scientifically sufficient measures for the conservation of whale stocks (from 43 x 10^6 tons. to 7 x 10^6 tons. for Baleen whales, and from 2.6 x 10^6 tons. to 1.2 x 10^6 tons. for Sperm whales), it is believed that a large abundance of Antarctic krills are being kept in the Antarctic Ocean without a useful consumption. The surplus of Antarctic krills at present is presumed to be (1.0 ~ 1.5) x 10^8 tons. at minimum. This estimated value of krill biomass is derived from a difference between the estimated consumption of krills by Baleen whales at present and that in the 1950's, so that considerably more than 1.5 x 10^8 tons. could be expected for the potential surplus of Antarctic krills.

Studies on krills during about 10 years and mainly between 20° E and 70°W have led to the conclusion that E. superba matures and breeds two summers after being spawned, namely, age = 2+ years. It is reported however that krill samples collected in the Scotia Sea demonstrate a 4 year life cycle. These data seem to suggest a possibility of utilizing the krill resources of several tens of million tons per year by fisheries.

However, critical aspects of the biology and ecology of krill still remain to be clarified. These include growth rates, longevity, fecundity, hydrographic features of areas of high population densities and causal factors of swarming, spawning areas and depths, distribution and transportation of early larval stages, pairing and repeat spawning, etc.

Recently, investigations of Antarctic krills have thus become active: These are, for example, the Soviet researches by m/s "Muksan" in 1961-62, by m/s "Akademician Knipovich" in 1965 and 1966-67, Japanese researches by m/s "Chiyoda-Marn" in 1972,73, West-German researches by m/s "Walther Herwig" and a trawler, Polish ones by m/s "Professor Siedleccki" and a trawler both in 1975-76. In these regards, SCAR Sub-Committee on Marine Living Resources in the Southern Ocean has strongly recommended an International BIOMASS program in the Southern Ocean to help ensure the wise and careful *conservation* and *utilization* of the marine living resources for the benefit of present and future generations of mankind. The specific aim of this program is to avoid the mistakes that caused the collapse of the whale stocks in the past.

ii. Squids, Fishes and Others

In addition to *E. superba,* there are at present other marine living resources such as squids, fishes, etc., in the Antarctic Ocean, and very little has been known about their productivity, ecology and biology. Judging from the consumption amount by whales, in particular, the biomass of squids is expected to amount to ($\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}$) of that of krills. Theses living resources also should be able to be benefitial to mankind, if their man's consumptions can be properly controlled. The above-mentioned BIOMASS program convers all these marine lives too.

e) *Global Utilization of Antarctic Scientific Data*

In the remaining years of this Century and in the early period of the next Century, mankind has to discover the wisest possible way to fully utilize the earth's natural resources as well as the solar and terrestrial energy sources with minimum possible loss. In this regard, Antarctica is not outside the world any more, but on the contrary this southernmost continent covered by thick cold ice and extende/d around the Southern geomagnetic pole must be regarded as one of the most important sources or sinks of energy to control the earth's atmosphere and oceans and even the human life. The Antarctic is singularly the very important key area in the global hydrodynamics, thermodynamics, electromagnetic dynamics and geochemistry of the whole earth. In this sense, we cannot promote the global earth sciences at present without meteorological, geodetic, oceanographic, upper atmospheric, and glacial data from Antarctica at the present level or preferably at a higher level.

§ 12. CONCLUDING REMARKS-FUTURE SCIENTIFIC RESEARCH IN ANTARCTICA

In the previous sections, from 3 to 10, outlines of the scope and results of each scientific research discipline now under way in Antarctica are briefly summarized. Generally summarizing, the systematic scientific researches of Antarctica started only about 20 years ago, and at present we are getting some fruitful results of these researches, but it is still premature o argue that we have more or less understood Antarctica, because there remain a large number of unsolved important problems. "Atlas Antarktiki" I and II compiled and published by the Soviet Academy of Sciences is a great milestone in the progress history of Antarctic sciences, but even these scientific maps in the Atlas can give only outlines of respective phenomena and some parts of some maps are more or less hypothetical. In other words, the scientific researches of Antarctica will have to be much more developed from now as a comprehensive regional science of this particular continent.

a) *Satellite-borne scientific surveys and observations*

Recent progresses of Antarctic sciences owe very much to the progress in *artificial satellite utilization* techniques. Fig. 12 showing the southern aurora distribution is one of typical examples of the application of satellite techniques. As discussed in § 5, the Antarctic cartography in order to compile accurate maps of all parts of Antarctica at present and in the future will refer to the Geometric Satellite Triangulation Network (Fig. 6) as the basic datum points. The geodetic satellites can be generally used to accurately determine the three dimensional position (with errors less than 10 m) of any ground-based point, when an appropriate instrumentation for the satellite-geodesy is equipped. It is hoped therefore that the *satellite-geodesy* will become the most popular and powerful cartographic technique in Antarctica too. By introducing this technique, the Antarctic cartographic data obtained by the ground geodetic surveys and by the air-and satellite-photographings will be revolutionally better used.

As discussed in 3 and 11, the meteorological station network in Antarctica is working very efficiently already at present. According to the experience at Syowa Station, the visible and infrared photographs taken by meteorology satellites can currently supply important data of the distribution of surface temperature all over the Ant-

arctic continent and the practically continuous pattern changes of the inflow of warm airmasses into and the outflow of cold airmass from the Antarctic continent. It seems therefore that the *satellite-meteorology* programs will have to be more emphasized in Antarctica.

As it is so in the Antarctic meteorology, *the satellite-glaciology* has already been demonstrating its, unique power fulness in the glaciological researches in Antarctica. For example, information of the ice-sheet surface temperature throughout all seasons should be extremely important data. In addition, photographs of bare-ice areas, glacier forms, locations of large crevasses, etc. and their changes with time are being continuously supplied from satellites. Because the field studies outside the wintering stations on the Antarctic nature such as the glaciological phenomena are extremely difficult or almost impossible in the Antarctic winter season, the all-around-a-year observations by means of satellites should be considered uniquely significant.

The fast-ice and pack-ice areas as well as icebergs can be almost continuously monitored by satellites. Actually, the satellite-photograph data of these Antarctic sea ices are being used as significant information for the Antarctic navigations. As mentioned in § 7, the icebergs flow almost along the ocean currents so that the iceberg monitoring from satellites can supply a continuous record of ocean currents in the vicinity of the Antarctic. This Antarctic *satellite oceanography* also may be considered important at present and in the future.

It is obvious that the observations and measurements from satellites are essentially significant in the polar upper atmospheric researches, as described in fair detail in § 9. The satellite technique is going to be applied even in the Antarctic marine biological researches. For instance, there is a reasonably high possibility of detecting and locating the dense swarms (or patches) of Antarctic krills because of their characteristic colour. It might be concluded thus that every possible effort will have to be made in the development of application of the satellite techniques on al Antarctic scientific researches.

b) *Unmanned Observatory Networks*

The wintering observatory networks have already been reasonably well established in Antarctica, as illustrated in Fig. 1. It is still necessary, however, to build up more observatories at key points

over the Antarctic continent for individual scientific researches. The locations of key points may be different for different research disciplines. However, the severe Antarctic climate conditions do not always allow us to build up "manned observatories" at appropriate locations in the deep interior of Antarctica.

A trial to solve this difficult problem is being tested at present at the *"unmanned observatories"* in Antarctica. At some Antarctic unmanned observatories, the observed scientific data are telemetered to their mother stations. At some other unmanned observatories, the observed data are stocked in the observatories for a certain period (from 3 months to one year) and they are returned by the visitors from the mother stations with a regular time interval. In both cases, the observation and recording machinery are automatically operated during a certain period.

Since the technology for maintaining these unmanned observatories are in rapid progress, a number of the unmanned observatories and the variety of observing disciplines will be considerably expanded in the near future in Antarctica.

c) *Real-time Telecommunications of Antarctic Scientific Data to the World*

As mentioned in § 3 and 8, the meteorological and seismological data obtained at the Antarctic stations are being regularly telecommunicated through appropriate channels to the respective central organizations located outside Antarctica. These data are currently utilized respectively for compiling the world weather maps and the earthquake foci determinations on the basis of the world seismograph network. In other words, the Antarctic networks for meteorology and seismology are now being operated as an important part of the respective world observation networks.

At present, the telecommunications between the Antarctic stations and the outside ones are mostly operated through the radio telecommunications of the UHF band. Recently, the VHF radio telecommunication system between Antarctica and the outside via telecommunication satellites is in serious consideration. When the satellite communication system is satisfactorily established in the future, the real-time telecommunications of Antarctic scientific data to the other continents will become possible. Then, urgent scientific data observed in Antarctica can be received in real-time at outside Antarctica for immediate use. As of course the economical cost for such a satellite-telecommunication system is much more expensive than

for the present HF-radio system, an appropriate selections must be made for the satellite-telecommunicated scientific data.

d) *Exchange of Scientists among Antarctic Stations*

Within the framework of the Antarctic Treaty and voluntarily also, mutual exchanges of scientists among the Antarctic stations have been carried in effect up to date. Since exchanges of scientific information *in situ* among Antarctic specialists of individual sciences are extremely important to accelerate the progress of Antarctic sciences, it will be hoped that more emphasis will be put on the exchange program of scientists of a increased number among the Antarctic stations and field parties on a more systematic planning.

e) *Special International Scientific Programs in Antarctica*

i. POLEX-SOUTH PROGRAM

The worldwide international meteorological research programs, named "Global Atmospheric Research Program" (GARP) set up the GARP Polar Sub-Programs, in which a special program called Polar Experiment (POLEX) in the Arctic and Antarctic regions is pecifically oriented i) to identify and study processes of particular importance in the polar regions relating to the improvement of weather prediction from general circulation models and ii) to develop a basis for understanding the role of ice in climate dynamics through; a) parameterization of sea ice dynamics and related atmospheric and oceanic processes in climate models and b) establishment of an appropriate information base for studies of the role of sea ice and polar continental ice masses in climate change.

POLEX in the Antarctic region is specifically called POLEX-SOUTH, and this program will be continued from the autumn of 1977 to the autumn of 1979.

ii. IAGP (*International Antarctic Glaciological Project*

The U.S. glaciologists group in cooperation with Australia, French and Soviet glaciologists have been and are carrying in effect an international glaciological research project in East Antarctic plateau, named IAGP. The IAGP project comprises systematic ice-core drillings down to about 1,000 m, the precise measurements of ice sheet thickness in wide areas, etc., in order to derive a better dynamical and thermodynamical model of the Antarctic ice sheet.

iii. BIOMASS (Biological Investigation of Marine Antarctic Systems and Stocks).

The objetives of newly proposed BIOMASS programs are i) to provide data and information for the conservation and wise management of the living resources of the Southern Ocean, and to improve our understanding of the complex ecosystem on which the resources depend, and to understand the flow of energy through the system. Certainly the BIOMASS programs are related to the recent serious interest in the marine living resources in the Antarctic Ocean.

Specific activities proposed for biological research vessels include observations of key processes, at times and places at present poorly sampled, and wide-ranging surveys using acoustic and other instruments. The principal role of shore stations will be to provide information on the near-shore ecosystem, including long time-series of year-round observations at fixed positions.

ACKNOWLEDGEMENT

The reporter wishes to express his gratitudes to Professor F. Orrego Vicuña of the Institute of International Studies of Chile for giving an occasion to the reporter to review and summarize Antarctic scientific researches of all disciplines, since other-wise such synthetic studies on the whole Antarctic sciences may be hardly possible for him. In the course of reviewing various results of the past Antarctic scientific researches, the reporter much owed to the scientific staffs of the National Institute of Polar Research, Japan. Without their help, this compilation work would not be possible for him. These staffs are Professors T. Matsu a and T. Hoshiai for biology, Professor Y. Yoshida for geology and geomorphology, Dr. S. Kawaguchi for meteorology, Dr. S. Mae for glaciology, Dr. T. Hirasawa for upper atmosphere physics and Dr. K. Kaminuma for solid earth geophysics. The reporter's thanks are due to them. The reporter's thanks are also due to Miss M. Nakada who assisted him in arranging all scientific data, drawing illustrations and preparing the typescripts throughout the whole course of this compilation work.

SELECTED REFERENCES

Annals of the International Geophysical Year. Vol. 44. "Antarctic" (1967). Pergamon Press, Oxford. p. 201. "SCAR Manual" 2nd. ed. (1972) p. 127.

DALRYMPLE, P. C. (1966). A physical climatology of the Antarctic Plateau. "Studies on Antarctic Meteorology", ed. M. J. Rubin. Amer. Geophys. Union, Washington D. C., 195-235.

RUBIN, M. J. and W. S. WEYANT (1965). Antarctic Meteorology "Antarctica", ed. T. Hatherton, Matheu Press, London.

Atlas Antarktiki I (1966). Akad. Nauk. USSR. 225 figures.

Atlas Antarktiki II (1969). Akad. Nauk. USSR. p. 598.

BARKOV, N. J. (1971). "Antarctic ice shelves", "Hidrometeoizdat", Leningrad. p. 226.

BUDD, W. F. (1969). The dynamics of ice masses. ANARE Sci. Rep. Publ. Nº 108. p. 216.

BULL, C. (1971). Snow accumulation in Antarctica "Research in the Antarctic", ed. L. O. Quam. 364-421.

GOW, A. J. (1963). The inner structure of the Ross Ice-Shelf at Little America V, Antarctica, as revealed by deep core drilling. IASH. Publ. Nº 61. 272-284.

LOEWE, F. (1969). The water budget in Antarctica. Proc. Sump. Pacific-Antarctic Sci., Tokyo. 101-110.

TRANSHNIKOV, A. F. (1969). The ice of the Southern Ocean. Proc. Symp. Pacific-Antarctic Sci., Tokyo. 113-123.

LAMBERT, B. P. (1967). Report on geodetic and cartographic activities, 1960-65. SCAR Bull. Nº 26.

ADIE, R. J. (ed.) (1964). "Antarctic Geology". North-Holland. Publ. Co., Amsterdam. 535.

ADIE, R. J. (ed.) (1972). "Antarctic Geology and Geophysics". Universitetsorlogt, Oslo. p. 876.

ZHIVAGO, A. L. (1969). Bottom morphology and tectonics of the Southern Ocean. Proc. Symp. Pacific-Antarctic Sci., Tokyo. 124-135.

U. S. Oceanographic Office (1957). Oceanographic atlas of the polar seas. Part 1. Antarctic.

AKASOFU, S. I. (1966). "Polar and Magnetospheric Substorms". D. Reidel Publ. Co Dordracht. p. 280.

CHAPMAN, S. and S. I. AKASOFU (1972). "Solar Terrestrial Physics", Oxford Univ. Press., Oxford, p. 901.

NAGATA, T. (1971). Austral substroms. IAGA Bull. Nº 31. 9-40.

NAGATA, T. (1975). Auroral flares and solar flares. Space. Sci. Rev. *17*. 205-220.

EDHOLM, O. G. and E. K. E. GUNDERSON (ed.) (1973). Polar Human Biology, William Heineman Medial Books Ltd., Sussex. p. 443.

EL-SAYED, S. Z. (1970). On the productivity of the Southern Ocean. "Antarctic Ecology 1" (ed.), M. W. Holdgate, Academic Press. 119-135.

HOLDGATE, M. W. (1964). Terrestrial ecology in the maritime Antarctic. "Biologie Antarctique" (ed.), R. Carrick, M. W. Holdgate and J. Prévost, Hermann, Paris. 181-193.

KNOX, G. A. (1970). Antarctic marine ecosystem. "Antarctic Ecology 1" (ed.), M. W. Holdgate, Academic Press. 70-96.

LAMB, I. M. (1970). Antarctic terrestrial vegetation and its ecology, "Antarctic Ecology 2" (ed.), M. W. Holdgate, Academic Press. 733-751.

WRIGHT, N. A. and P. L. Williams (1974). Mineral resources in Antarctic. U. S. Geological Survey Circular, Nº 705.

LA INVESTIGACION CIENTIFICA EN LA ANTARTICA

Juan Carlos Castilla
Departamento de Biología Ambiental y Poblaciones, Instituto de Ciencias Biológicas, Universidad Católica de Chile.

Libertad de Investigación Científica.
"La libertad de investigación científica en la Antártida y la cooperación hacia ese fin, como fueran aplicadas durante el Año Geofísico Internacional, continuarán sujetas a las disposiciones del presente Tratado".
[Tratado Antártico, 1º diciembre, 1959.

INTRODUCCIÓN

Presentar un esquema global y comprensivo de la Investigación Científica Antártica es una tarea de muchos. Quizás si el trabajo mejor logrado al respecto esté plasmado en la edición de Sir Raymond Priestley, Raymond J. Adie y G. de Q. Robin, "Antarctic Research", 1964. Sin embargo, es posible tocar algunos puntos claves que podrán ilustrar hitos importantes; algunos peligros potenciales o permanentes y algunas grandes esperanzas de la humanidad respecto a la Antártica.

Antes de hacerlo, y valga como elemento introductorio esencial de esta presentación, es necesario insistir una vez más en el problema global de la Investigación Científica.

Como se puede apreciar por el título de este trabajo, el denominativo "Antártica", sólo califica la "Investigación". Así como este Symposium tiene como base y sujeto dicho Territorio, también es posible pensar que el objeto podría haber sido otro, por ejemplo, "La Investigación Científica Tropical", "La Investigación Científica Espacial", "La Investigación Científica de Zonas Templadas", etc. En todos los temas, el elemento central es la Investigación Científica.

Como tal, es dado enfatizar que este elemento central es sustancialmente uno e indivisible. Más aun, sea cual fuere el elemento calificativo, el término "Investigación Científica" lo encuadra muy

claramente dentro de una actividad particular del hombre, una actividad intelectual muy propia de nuestro siglo, que posee marcos y metodologías muy propias y estrictas. En efecto, la Investigación es el arma preponderante de que se vale la Ciencia para formular nuestro conocimiento acerca de los fenómenos naturales, para establecer principios, hipótesis, teorías y leyes que conjugarán ese conocimiento y proveerán armas duraderas para el pensamiento (Wigglesworth, 1971).

Como ya se ha discutido anteriormente (Castilla, 1976), las divisiones artificiales entre Ciencias Básicas y Aplicadas dejan de tener realidad cuando al tratar de establecer las fronteras se ven tan íntimamente relacionadas, que hacen imposible tales separaciones. Lo mismo es válido para las investigaciones, aunque por orden y conveniencia, suelen reconocerse Investigaciones Básicas y Aplicadas. La investigación es una y, como tal, debe ceñirse a una metodología estricta. Quizás si los únicos límites que sea posible establecer dentro de la Ciencia y la Investigación estén dados por los calificativos de "Util" o "Inútil", y los elementos objetivos que trazan las fronteras sean el incremento o no incremento del conocimiento.

La Investigación Científica Antártica no puede, pues, escapar a dicho marco referencial. Debe ser sustancialmente "Util", o sea, contribuir al incremento del conocimiento sobre la Antártica. Como tal, contribuiría al establecimiento de principios, hipótesis, teorías y leyes que, eventualmente, proveerán a la humanidad con los elementos de juicio necesarios para adoptar las decisiones necesarias. El énfasis que se haga sobre tal o cual investigación antártica, sobre un tema específico, un derivado, lateral, etc., será materia de las Políticas Científicas y de Investigación Antártica de los países, centros, institutos u organismos encargados de ejecutarlos. Sin estas políticas no es posible lograr un conjunto equilibrado, racional, económico y valedero para atacar los problemas que plantea el Sexto Continente.

Como quedará demostrado más adelante, la historia de las acciones humanas en este Continente, muestran con casos dramáticos que tales Políticas no han existido en un pasado no muy lejano, y creemos no equivocarnos al expresar que las actuales pueden y deben ahondarse mucho más a fin de transformarlas, aclararlas y hacerlas más valederas.

Breve perspectiva histórica de la investigación científica antártica *

La investigación comienza con la inquietud por conocer, con ansias de responder una interrogante o con toda la fuerza inquisitiva de la mente humana; continúa con una planificación, se desarrolla con una metodología y se complementa con una elaboración de los antecedentes encontrados y un planteamiento original. Como tal es posible distinguir etapas sucesivas que necesariamente poseen temporalidad.

Sin duda que el ansia de conocer lo aún desconocido, de escudriñar aquello que se presentía presente, llevó a los primeros exploradores de los mares del "Extremo Sur" a aventurarse en la Antártica. Cook, von Bellingshausen, Palmer y tantos otros grandes navegantes poseyeron esa inquietud y ansias de adentrarse en lo desconocido; una tremenda fuerza inquisitiva los llevó a los "Mares del Sur". No obstante, no podríamos afirmar que eso lo transforma en científicos. Fueron sí, extraordinarios navegantes. Esto es tan cierto como que, visualizando el gran futuro Antártico, algunos de ellos comenzaron a incluir científicos en sus expediciones ya hacia comienzos de 1800. En esta labor visionaria destacan nítidamente el capitán James Cook y von Bellingshausen.

Hacia fines del primer cuarto de este siglo, ya la historia nos informa de los primeros excesos del ser humano en la Antártica. En 1821 debido a la caza indiscriminada de focas, las poblaciones de estos mamíferos fueron prácticamente exterminadas de las Shetland del Sur y otros territorios del continente. Los 50-70 años siguientes registran numerosas expediciones, algunas de ellas con esfuerzos multinacionales y desde luego la presencia en la Antártica de numerosos exploradores y científicos. El conocimiento comienza a acumular registros y datos importantes sobre el Continente. Destacan los levantamientos o mapeos de numerosas áreas y la acumulación de experiencia logística. Sin embargo, también el hombre valorizó un recurso económico de gran envergadura y, por supuesto, lo malutilizó. Hacia fines del siglo XIX comienza el "asalto ballenero" al Continente Antártico. Otra acción humana desmedida, que termina prácticamente por exterminar o reducir a mínimas expresiones poblacionales a los mayores vertebrados que habitan la tierra.

El comienzo del siglo XX contempla numerosas expediciones multi-

* Especialmente válida para Antártica Occidental.

nacionales y la intensificación del quehacer científico, muy especialmente el relacionado con investigaciones oceánicas (i.e. W. S. Bruce; J. B. Charcot). Volviendo la vista al Cono Sur del Continente Sudamericano, cabe destacar que también antes de completarse la segunda década del siglo XX, la Antártica, por diversos motivos y en distintas circunstancias, cuenta con la llegada de buques chilenos y argentinos (los vecinos más próximos a la Península Antártica). La actividad antártica continúa durante las 1ª y 2ª conflagraciones mundiales. Incluso, países directamente comprometidos en dichas guerras continuaron enviando partidas exploratorias y científicas.

Desde el punto de vista de la Investigación Científica y la cooperación internacional, el gran vuelco antártico se produce a partir de 1959 con el Año Geofísico Internacional. Este esfuerzo científico pacífico mancomunado será uno de los capítulos importantes en el recuento del siglo XX.

Los objetivos, acciones y resultados provenientes de la experiencia del Año Geofísico Internacional logran aplacar (al menos por un período de 30 años) resquemores y justificadas o injustificadas reclamaciones de derechos sobre los territorios antárticos y, finalmente, desembocan en el establecimiento del Tratado Antártico, suscrito en Washington el 1º de diciembre de 1959, y vigente desde el 23 de junio de 1961.

Estos últimos 16 años de la experiencia antártica (1961-1977) registran una amplia cooperación científica, el afiatamiento de bases científicas más permanentes en territorio antártico y consecuentemente el avance sustancial en algunas disciplinas científicas. La investigación Antártica ha florecido a partir de la vigencia del Tratado; algunos de los campos en que este auge se nota más claramente son: Glaciología, Geodesia, Geología, Biología Marina (especialmente Ecología Marina), Climatología, Oceanografía y Paleontología.

CARACTERÍSTICAS DE LA INVESTIGACIÓN ANTÁRTICA

La investigación no representa sino que el "Trabajo o Quehacer" en la actividad científica. Secuentemente a este "Trabajo", se obtendrá un producto final, el "Conocimiento" (Bunge, 1975). Para que "Trabajo o Investigación" y "Producto Final o Conocimiento" sean realmente valederos y productivos es necesario reconocer de antemano las características marco en torno a la cual se debe realizar el mencionado "Trabajo".

Para el caso de la Antártica estas características son bastante conocidas, aunque no siempre bien implementadas. En efecto, el "Trabajo" debe desarrollarse en un territorio, que al menos para los sudamericanos, presenta características apartadas de lo cotidiano o normal. Esto conlleva la implementación de acciones previas muy bien planificadas y coordinadas. La logística para aprovechar el "Trabajo" debe ser minuciosamente estudiada, debe ser ágil y versátil. El elemento de cooperación inter-institucional, intra-nacional e incluso inter-nacional es clave.

Las características de distancia, aislamiento, condiciones atmosféricas y coordinación son particularmente relevantes a la Investigación Antártica. Todas unidas conforman un cuadro muy conocido en este tipo de investigación, cual es el alto costo de la actividad. Es aquí donde se hace necesario mancomunar esfuerzos y producir planificaciones efectivas. Más aun, se hace imprescindible el establecimiento de Políticas duraderas. De lo contrario, es fácil dilapidar fondos y realizar esfuerzos que no llevan a un buen "Producto Final" o conocimiento significativo. Es conocida la relación directa existente entre el costo de la investigación y la necesidad de evaluación de dicha actividad. Este es probablemente uno de los factores más importantes en la Investigación Antártica. Ella debe estar sujeta periódicamente a una evaluación crítica de los resultados, sólo así justificará el costo y más aun dichas evaluaciones confluirán en una serie de elementos lógicos y ordenados que llevarán a configurar conjuntos de "Conocimientos Utiles".

A pesar de la corta experiencia antártica del autor y sobre todo basado en lo recogido de mis colegas chilenos, parecería que las características enumeradas arriba conforman lo esencial de la Investigación Científica Antártica. Otras características como tecnología especial y sofisticada, mejores o peores condiciones de vida en el trabajo en el Territorio Antártico, etc., sin duda, influyen en el "Trabajo Antártico", pero —al menos para los científicos del mundo en desarrollo—son características que no sólo se refieren a la Investigación Antártica, sino que a cada acción diaria de nuestra vida de investigadores.

Nos hemos malhabituados a esas deficiencias y desgraciadamente la perspectiva no es alentadora.

Para los investigadores es muy importante que los organismos encargados de financiar y coordinar la Investigación Antártica (nacionales o internacionales), reconozcan las características especiales que rodean esta actividad. En general, los Proyectos de Investigación

Antárticos son presentados a tales organismos, los que los estudian y aprueban o rechazan. Al aprobarlos dichos organismos se están comprometiendo aun en los más mínimos detalles, ya que los Proyectos Antárticos, a diferencias de otros, dependen para su éxito en gran medida de que todo el conjunto funcione. Un detalle mal calculado puede arruinar toda la campaña de ese año, para un investigador determinado. Conlleva frustración, falta de resultados positivos y dilapidación de fondos.

LOGROS Y ALGUNOS DE LOS OBJETIVOS FUTUROS EN TÉRMINO DE CONOCIMIENTOS CIENTÍFICOS EN LA ANTÁRTICA

Sin duda que es imposible en este trabajo dar una visión global de los logros, objetivos futuros y vacíos que se han generado desde que los investigadores o científicos pusieron pie en la Antártica. No por ello se debe olvidar el tema. Para evaluar realmente los logros o avances es necesario tener de antemano una serie de objetivos reales. También la confrontación de ellos con lo realmente alcanzado arrojará el saldo de metas futuras y vacíos.

La cooperación internacional no ha logrado canalizar objetivos lo suficientemente específicos como para llevar a cabo una evaluación también a nivel internacional. Esto a pesar de la existencia de los grupos de Trabajo en el Scientific Committee on Antartic Research (SCAR), que, además de las labores de Coordinación sugiere prioridades de investigaciones.

¿Qué indicadores se pueden utilizar para estas evaluaciones?

El único alcance del autor es un indicador objetivo posible de ser comprobado para quien lo desee. Las publicaciones científicas producto del "Trabajo Antártico". Ellas configuran el resultado de dicho "Trabajo de Investigación" o representan el "output" científico. Para juzgarlos poseemos el elemento calidad y el elemento temporal. Sus resultados, hipótesis, teorías, leyes, etc., avalan la calidad. La temporalidad es fácil determinarla. Lo que generalmente no tenemos para realizar un análisis completo o balance es el elemento costo". ¿Cuánto se invirtió para alcanzar dichos logros? Y, además, en muchos casos nos faltan los objetivos o metas propuestos. Estoy seguro de que con suficiente tiempo —y fondos— podríamos tener las piezas de este rompecabezas.

¿Qué hacer para, aunque superficialmente, dilucidar el problema? Como no es posible abarcar un gran número de campos o disciplinas, me he remitido al análisis de dos situaciones que estimo pueden ser juzgadas.

En primer lugar —en el ámbito de la Biología— si se revisan las publicaciones del 2º Symposium, organizado por el Grupo de Trabajo en Biología (SCAR) en 1970, es nítido ya a nivel del prefacio, escrito por el Profesor M. W. Holdgate, que en el tema de la Ecología Antártica entre 1962 y 1968 (sólo 6 años) se produjeron logros sustanciales en términos de conocimientos. Estos lo fueron en base a los trabajos científicos de numerosos investigadores de distintos países. El Profesor Holdgate indica con claridad que en 1962, aun el trabajo pionero de los "Survey" descriptivos, era lo central en el campo de la Geología y Biología antártica. Se estaba plasmando el sustrato primario sobre el cual crecería en 6 años una cantidad de conocimientos ecológicos de suma importancia. Ese sustrato permitió la aplicación de hipótesis y teorías ya desarrolladas en otros campos de la Ecología, e incluso comienzan a aparecer la experimentación ecológica y la comprobación de teorías ya firmemente sustentadas en la ecología tradicional tanto terrestre como marina (i. e. acomodación biológica de comunidades antárticas bentónicas sublitorales).

La elección de la Ecología Antártica para el Symposium de SCAR en 1968 en Cambridge está basada no en la "moda ecológica", sino que en la certeza que se había acumulado un conocimiento relativamente amplio de relación entre flora, fauna, clima y otros variables antárticas dignas de ser discutidas (interrelaciones biológicas; cadenas trópicas; estabilidad de los sistemas, etc.). En el material presentado en dicho Symposium es incluso posible vislumbrar ("objetivos futuros") problemas ecológicos puramente científicos y con perspectivas de aplicación futura que necesariamente serán desarrollados en el futuro (representarían los actuales vacíos). El problema de la estabilidad y la diversidad orgánica antártica seguirá siendo discutido; el alto grado de endemismo faunístico antártico también es debatido; la fragilidad del sistema ecológico antártico y las relaciones del ecosistema antártico a la intervención humana es otro tema candente.

Si en esta actividad científica se buscan los avances o nuevos logros, es posible encontrarlos con cierta claridad, también aparecerán los desafíos del futuro. No cabe duda, que uno de los grandes temas que se desarrollarán a profundidad en los próximos 10-20 años, tiene relación con la productividad de las aguas antárticas y en especial con las pesquerías del Krill antártico. Las experiencias humanas en la Antártica muestran cómo los avances y conocimientos

científicos fueron desoídos o mal utilizados durante la primera mitad de este siglo y la lucrativa actividad ballenera desapareció, desde luego, junto a las ballenas. Esas experiencias no pueden repetirse con el problema de la pesquería del Krill, aunque las circunstancias y el recurso sean diametralmente distintos. Existen preguntas ecológicas importantes que deben responderse respecto a este crustáceo. La tecnología y la investigación científica deben ir apareadas respecto de este recurso antártico.

Recientemente se ha lanzado la idea de sembrar los Canales del Sur de Chile con salmones (Joyner, Mahnken y Clark, 1974) con la posibilidad de migraciones de estos peces hacia la Antártica y utilización del Krill como recurso alimentario. La idea es un gran desafío pero plantea un sinnúmero de interrogantes ecológicas que deberán ser despejadas antes de ponerlas en práctica; estas interrogantes se refieren tanto a la situación en los canales del Sur de Chile, como en lo relacionado a la Antártica.

De perseverarse en la idea puede —al igual que el Krill antártico— transformarse también en una de las grandes temáticas biológicas antárticas del futuro.

Otra actividad de Investigación Antártica que es posible de usar en este capítulo, se refiere a la situación de las Ciencias Geológicas. A nivel global son claros los avances y el asentamiento de las grandes teorías geomorfológicas y se deriva continental respecto a la Antártica (Craddock, 1969; Schopf, 1969; Frakes y Crowell, 1969; Hayes y Pitman, 1969).

Incluso a nivel chileno es posible observar —ahora más localmente a través de las publicaciones nacionales— etapas primarias descriptivas que ya han sido sobrepasadas, si no totalmente, al menos en forma parcial. Vieira (1976) entrega un sumario sobre el aporte chileno al conocimiento geológico del Continente Antártico en los últimos años. Esta visión centrada en los aportes nacionales ofrece claros peldaños ya avanzados. Habiéndose superado algunas acciones básicas de mapeo y descripción se comienza a elaborar un Programa de Geología Económica. Las investigaciones científicas y tecnológicas en este campo presentan amplias posibilidades.

La exploración antártica respecto a recursos energéticos es otro de los capítulos apasionantes del futuro desarrollo antártico. Los principales vacíos que se observan en estos campos (que no se refieren al "Territorio" propiamente tal), no son necesariamente científicos ni tecnológicos, sino que de orden legal a nivel internacional.

Grandes crisis mundiales y la Antártica. Rol de la investigación científica

Los avances en la ciencia y la tecnología han marcado etapas muy nítidas en el desarrollo de la humanidad, tanto como para bien o para mal. La humanidad se encuentra enfrentada a una serie de crisis de extrema urgencia y gravedad (Mesarovic y Pestel, 1975). Para mencionar sólo algunas de las más urgentes, baste este listado: Crecimiento Demográfico de la población; Crisis Alimentaria; Crisis de Combustibles; Crisis Ecológica. Numerosos informes, comités internacionales, paneles indisciplinarios y países han tornado sus esperanzas entre otros en el Continente Antártico como posible salida parcial para algunas de estas crisis. En especial para la crisis proteínica el Krill antártico se prevé como una parte importante de la posible solución. Los varios estimados de expertos internacionales indican cifras de producción anual de este crustáceo entre 500.000.000 y 50.000.000 de toneladas. Se debe tomar en cuenta que las capturas pesqueras mundiales en 1967 alcanzaron a 50.000.000 de toneladas de productos del mar.

El incremento anual se estima en un 7%, y la potencialidad total de pesca de los recursos actualmente explotados se estima entre 2 4 veces la captura de 1967 (Gulland, 1970).

Ante tales perspectivas de captura potencial de Krill, no es extraño que se haya comenzado a experimentar intensamente en los aspectos tecnológicos, tanto en lo referente a las artes de pesca como en la elaboración del producto. Es un paso lógico. No obstante, es necesario tomar las precauciones adecuadas. Como ya se indicó anteriormente, preguntas cruciales respecto de este recurso no han sido respondidas. Poco o nada se sabe de los factores estacionales o locales que controlan la abundancia del Krill; qué animales se alimentan de Krill y en qué cantidades; son necesarios más datos sobre migraciones verticales, horizontales y estacionales (los conocimientos actuales dan ciertos indicadores, pero en ocasiones no son suficientes), etc. La solución científica de estas interrogantes —a fin de establecer un manejo racional de la pesquería— debe ir a la par con el avance tecnológico. La experiencia con el caso de las ballenas dejó una lección clara en el sentido que tal paralelismo no ocurrió, y que prevalecieron los intereses netamente comerciales sobre los de explotación racional.

Sin duda que la crisis proteínica debe enfocar el problema en forma mucho más rápida, dirigida y compacta. De nuevo aquí, como en

otras grandes crisis que afectan a la humanidad, ya no es posible pensar más en soluciones parciales o unilaterales. El enfoque debe ser netamente global (Mesarovic y Pestel, 1975).

La crisis energética también ha puesto a la Antártica en primer plano. Son numerosas las investigaciones al respecto y la potencialidad de la plataforma continental antártica despierta muchos apetitos. También en este caso la tecnología y la ciencia deberían ir de la mano.

Para estos dos ejemplos específicos es dado notar que por tener estricta relación con el mar circundante del Continente Antártico, (pesquería) y los suelos sumergidos o fondos (recursos energéticos), el Tratado Antártico no es aplicable. La experiencia desde la firma del Tratado a la fecha indica que las probables zonas de conflictos por recursos renovables o no renovables estarían precisamente en el océano o territorios sumergidos bajo él. Problemas que escapan a los investigadores y recaen en los juristas.

LA INVESTIGACIÓN ANTÁRTICA COMO UN EJEMPLO MUNDIAL

Coordinar programas de investigación ha sido siempre tarea ardua y difícil. Los diferentes países del globo han establecido sus propios mecanismos e instituciones para realizar tal labor. Algunas han acumulado más prestigio que otras; en oportunidades existen fondos sustanciales, en otras éstos son precarios. No obstante la meta final es siempre elaborar planes y programas racionales y propender a que se cumplan lo mejor posible para bien del conocimiento. En este contexto la Investigación Antártica, al menos a partir del Año Geofísico Internacional y más aún luego de la firma del Tratado Antártico, ha marcado una ruta y señalado una época. Con el sustrato físico de un territorio donde a pesar de no ser fácil ni barato realizar investigación, y en el cual se dan todas las gamas de posibilidades; donde el ingenio, la planificación y en casos la audacia juegan un rol esencial, ha sido posible llevar a cabo numerosos planes conjuntos entre varios países por 16 años. La información se ha intercambiado como en pocos otros campos de la investigación. La cooperación internacional en la Antártica ha florecido en aras del uso pacífico. Este verdadero milagro lo ha catalizado la Antártica valiéndose principalmente de la Investigación Científica. No en vano William D. Mc Elroy, Director de la National Science Foundation en diciembre de 1970 declaraba: "Después de todo, si 12 naciones pueden cooperar en investigación en la Antártica, debería ser sólo levemente más difícil obtener que nuestros De-

partamentos —o aún un laboratorio universitario y uno industrial—, trabajen juntos en un problema particular".

Agradecimientos:

El autor agradece al Instituto Antártico Chileno por el financiamiento de un Proyecto de Investigación en Biología Marina en las Shetland del Sur. INACH y la Armada de Chile hicieron posible la participación del autor en la XXXI Campaña Antártica Chilena, (1977) y con ello despertaron su interés en los problemas antárticos. El Instituto de Estudios Internacionales de la Universidad de Chile y el Instituto de la Patagonia auspiciaron el presente trabajo.

BIBLIOGRAFIA

BUNG, M., 1975. La investigación Científica, su estrategia y filosofía. Colección Convivium. Editorial Ariel. Barcelona, España. 955 pp.

CASTILLA, J. C. El rol de la Investigación Científica en la Formulación de Políticas. "Fomento de la Investigación y Conocimiento de la Realidad".
Seminario sobre Formulación de la Política Oceánica. Instituto de Estudios Internacionales, U. de Chile. 28-30 octubre, 1976 (en prensa).

CRADDOCK, C., 1970. Antarctic Geology and Gondwanaland. Antarctic Journal, *5* (3): 53-57.

FROKES, L. A. y CROWELL, J. C., 1969. Geological Evidence for the Place of Antarctica in Gondwanaland. Antarctic Journal, *5* (3): 67-69.

GULLAND, J. A., 1970. En "Antarctic Ecology", Holdgate, M. W. (ed.). Vol. 1: 217-223.
Academic Press. U.K.

HAYES, D. E. y PITMAN, W. C., 1969. Marine Geophysics and Sea-Floor Speading in the Pacific - Antarctic Area.
Antarctic Journal, *5* (3): 70-77.

HOLDGATE, N. W. (ed.), 1970. Antarctic Ecology. Vols. 1 y 2.
Academic Press. U.K.

JOYNER, T., MAHNKEN, C. V. W. y CLARK, C. Jr., 1974. Salmon - Future harves from the Antarctic Ocean? Marine Fisheries Review, *36* (5): 20-28.

MCELROY, W. D., 1970. Antarctic Research: A pattern for Science Management. *Bull Atom. Scientists.* XXVI (10): 85-88.
(reimpreso en: *Antarctic Journal,* 6 (2): 25-28).

MESAROVIC, M. y PESTEL, E., 1975. La humanidad en la Encrucijada. (Segundo Informe del Club de Roma). Fondo de Cultura Económica. México. 261 pp.

PRIESTLEY, R., ADIE, R. y ROBIN, G. de Q. (eds.), 1964. Antarctic Research

"A Review of British Scientific Achievement in Antarctica". Butterworths. London. U.K. 360 pp.

SCHOPF, J. M., 1969. Gondwana Paleobotany. *Antarctic Journal, 5* (3): 62-66.

VIEIRA, C., 1976. Contribución Chilena al conocimiento geológico del continente antártico en los últimos años. INACH. Serie de Difusión. Revista N? 9: 74-80.

WIGGLESWORTH, V. B., 1971. Experimental Biology, Pure and Applied. (George Bidder Lecture). J. Exp. Biol., *55*: 1-12.

RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES CIENTIFICAS QUE DESARROLLA EL INSTITUTO ANTARTICO ARGENTINO

Doctor *René Dalinger*
Instituto Antártico Argentino

INTRODUCCION

El Instituto Antártico Argentino (IAA), la rama científica de la Dirección Nacional del Antártico, es el principal organismo promotor y realizador, si bien no el único, de las actividades científico-técnicas, que la República Argentina desarrolla en el Continente Antártico y sus aguas adyacentes.

Los programas de investigación que realiza el Instituto Antártico Argentino tienen relación con las siguientes disciplinas: Biología; Fisiología Humana y Animal; Geología y Geofísica; Glaciología; Oceanografía Física; Química y Producción Primaria; y Física de la Alta Atmósfera. El Instituto también trabaja en colaboración con otros organismos, entre ellos el Servicio de Hidrografía Naval; varias Facultades de la Universidad de Buenos Aires y de la Universidad Nacional de La Plata, el Museo de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" y el Instituto de Biología Marina de Mar del Plata.

Otras instituciones argentinas activas en la Antártica son: el Servicio Meteorológico Nacional, el Servicio Meteorológico de la Armada, el Instituto de Astronomía y Física del Espacio y el Instituto Geográfico Militar.

En las páginas siguientes se desarrollan las tareas que cumple el Instituto Antártico Argentino en cada una de las disciplinas que abarca.

Biología

Las tareas que el Instituto Antártico Argentino desarrolla en el campo de la biología se refieren especialmente a la ecología y dinámica poblacional de las comunidades marinas. A esta línea principal se agregan investigaciones sobre parasitología, histología y aprovechamiento industrial de algunas especies.

Las tareas realizadas durante el año 1976 se reflejan en la siguiente enumeración de trabajos publicados, por publicar, en prensa y en preparación:

Ictiología

Taxonomía

Borichthys elongatus n. sp. Poisson Borichthyidae, famille nouvelle pour l'Antarctique, par J. C. Hureau y Aldo P. Tomo.

Variations morphologiques des espèces du genre *Harpagifer* (Teleosteens, Nototheniformes) en fonction de leur distribution geographique, par J. C. Hureau y Aldo P. Tomo.

Estudio comparado de las especies del género Muraenolepis, por Aldo P. Tomo y Aldo Torno.

Estudio de taxonomía numérica de algunas especies de peces de la familia Notothenidae, por Enrique Marschoff, Aldo P. Tomo y Carlos Massigoge.

Dinámica de poblaciones

Estudio del crecimiento en largo y en peso de algunas especies de peces del orden Nototheniformes, por Aldo P. Tomo y Enrique Marschoff.

Planctología

Krill

Dinámica de Poblaciones

Cálculo de algunos parámetros que hacen al manejo de *Euphousia superba* Dana, como recurso renovable, por Aldo Tomo y Enrique Marschoff.

Método para el tratamiento de datos de muestras biológicas de parámetros multidimensionales, aplicado a *Euphausia superba* Dana, por Jorge S. Panizza, Aldo P. Tomo, Enrique Marschoff y Carlos Massigoge.

Análisis de las curvas de crecimiento del krill, según las distintas formas de la incorporación de datos, por Enrique Marschoff, Aldo P. Tomo y Carlos Massigoge.

Zooplancton

Estudio cuali y cuantitativo del zooplancton proveniente de la campaña 0876 del buque ARA Islas Orcadas, por Estela Dinofrío, Aldo P. Tomo y Enrique Marschoff.

Variaciones estacionales del fito y zooplancton de la bahía de

Puerto Paraíso en relación con la fertilidad de sus aguas, por Aldo P. Tomo, Enrique Marschoff y Gustavo Ferreyra.

Fitoplancton

Estudio cuali-cuantitativo y ecológico de las diatomeas perifíticas encontradas en las aguas de Puerto Paraíso, por Gustavo Ferreyra.

Parasitología

Lophoura szidatis n. sp.; copépodo parásito de un Macruridae, por Teodoro Stadler y Aldo P. Tomo.

Contribución al conocimiento de los parásitos de la fauna antártica, parte II, *Halarchne miroungae,* su morfología externa e interna, por Teodoro Stadler.

Histología

Algunos aspectos estructurales del aparato respiratorio de la foca de Weddell (L. W.), por Jorge M. de Carlo, Alberto J. Hernández, y Gladys Pellerano.

Aprovechamiento Industrial

Estudio de industrialización del krill, por Elda R. Fraile.

Aspectos microbiológicos del deterioro del krill, por María E. Espeche.

Recientemente se han iniciado experiencias tendientes a lograr el mantenimiento en acuario de diversas especies presentes en Bahía Paraíso, tanto de peces (Nototheniformes), krill y fitoplancton como algunos invertebrados bentónicos.

Estas tareas están encaminadas a permitir los estudios y trabajos de laboratorio que servirán de apoyo a las tareas de campo que se realizan.

Fisiología humana y animal

En esta disciplina el Instituto Antártico Argentino está activo en las siguientes tareas:

- Estudios cuali-cuantitativos de microorganismos de personas, animales y medioambiente del sector antártico, realizando un control periódico a los efectos de verificar el impacto de la acción humana sobre el ecosistema.
- Estudios seroepidemiológicos de las infecciones virales en el per-

sonal de las bases antárticas, con el objeto de obtener información sobre la evolución de las enfermedades infecciosas de etiología viral y poder así evaluar el riesgo real que corren los miembros de las dotaciones antárticas y elaborar planes de control.

- Se comenzaron a realizar análisis del comportamiento humano y de las variaciones psicofisiológicas de los grupos de trabajo en las bases antárticas. Como complemento de estos estudios se incorporaron las determinaciones de neuroaminas: catecolaminas y serotonina, para estimar el comportamiento de esas substancias en diferentes períodos de adaptación y su relación con los estudios de sueño y vigilia (fatiga, stress, trastornos psicobiológicos, etc.).
- Estudios bioquímicos sobre adaptación de peces de bajas temperaturas. Específicamente el Instituto se dedica a estudiar las concentraciones de aminoácidos neurotrasmisores en el sistema nervioso central de peces antárticos y su relación con las glicoproteínas con la intención de orientar sus aplicaciones fisiofarmacológicas en homeotermos.
- Estudio sobre la regulación hormonal durante la inmersión de la foca de Weddell. Se trabaja sobre la hipótesis de un probable mecanismo hormonal con acción sobre la eliminación directa de protones a la orina y su relación con la capacidad de la foca para mantener el pH sanguíneo dentro de los límites compatibles con la vida. Este intercambio activo sería más importante que el atribuido tradicionalmente al de la eliminación de hidrogeniones como consecuencia de un intercambio pasivo. Esta última circunstancia parecería avalada por los hallazgos de nuestro grupo, de acuerdo con lo cual las suprarrenales de foca no producen aldosterona.

GEOLOGÍA Y GEOFÍSICA

El Instituto Antártico Argentino tiene en ejercicio un programa geológico que lleva el nombre de Actividad GEOANTAR y tiende a cubrir con el estudio en campaña y laboratorio toda la Península Antártica y su área insular.

Además, como apoyo se llevarán a cabo próximamente tareas geofísicas que, aplicadas al conocimiento de la Geología del sustratum, posibilitará la correlación estratigráfica, paleontológica y estructural del área de influencia de la Península Antártica con el extremo sur de la Patagonia.

Las tareas realizadas durante el año 1976 se reflejan en la siguiente enumeración de trabajos publicados:

- Sobre la presencia de *Kitchinites darwini* (Steinmann) en el Cretácico Superior de la Isla Vicecomodoro Marambio, Antártida, por R. A. del Valle, N. H. Fourcade y C. A. Rinaldi.
- Algunos fósiles cretácicos de Cabo Hamilton, isla James Ross, Antártida, por R. A. del Valle y N. H. Fourcade.
- Nota sobre el hallazgo de una nueva especie de nautiloideo del género *Eutrephoceras owen,* en la isla Vicecomodoro Marambio, Antártida, por R. A. del Valle, N. H. Fourcade y C. A. Rinaldi.
- Nota sobre el hallazgo de reptiles fósiles marinos del Suborden *Plesiosauria* en la isla Vega y James Ross, Antártida, por R. A del Valle, F. Medina y Z. G. de Brandoni.
- Nota preliminar sobre los pingüinos y los tiburones del Terciario Inferior de la isla Vicecomodoro Marambio, Antártida, por L. A. Cione, R. A. del Valle, C. A. Rinaldi y E. P. Tonni.
- Geología del cabo Spring y de los islotes Leopardo, Pingüino y César, por J. P. Spikermann, H. Codignotto, A. Llorente, J. Mendía y E. Olivero.
- Geología de la isla Vicecomodoro Marambio, por C. A. Rinaldi, A. Massabie, J. Morelli, H. L. Rosenman y R. A. del Valle.

Glaciología

En la actualidad se ha puesto mayor énfasis en nuestra participación en el Programa Internacional GAP (Glaciología de la Península Antártica), cuyo objetivo es reconstruir la historia climática de la Antártida Occidental y su relación con la Patagonia y los acúmulos de hielo de la Cordillera de los Andes.

Durante la campaña de verano 1975/76 se operó en el domo de la isla James Ross (Monte Haddington), efectuándose las siguientes tareas:

- Estudio estratigráfico.
- Obtención de testigos de hielo hasta 10 m de profundidad para su posterior análisis de isótopos de oxígeno y radiactividad en el Laboratorio Geofísico de Isótopos de la Universidad de Copenhaguen (Dinamarca).
- Medición de temperaturas a 10 m de profundidad y perfil de densidad.

- Colocación de señales nivométricas para mediciones de acumulación neta anual y deformación de figuras geométricas.
- Ubicación de un segundo domo aproximadamente a 5 km al NNE, efectuándose los mismos trabajos.

En la actualidad, el Grupo de Glaciología se encuentra basado en Marambio, con el fin de completar los mismos estudios en los domos de isla Cerro Nevado e isla Dundee.

En los meses de julio-agosto 1976 se efectuó una campaña al hielo patagónico, iniciándose con ello las tareas preliminares (programa GAP), explorándose el área del casquete de hielo comprendido entre paralelos 49° 12' S y 50° S, con el fin de ubicar sitios adecuados para una perforación profunda.

Se colocaron cuatro señales nivométricas a lo largo de un trayecto de 100 km (S-N) para estudiar el régimen de acumulación.

Como programas complementarios se ha previsto para la próxima campaña 1977/78, la realización de las siguientes tareas:

- Continuar con los estudios iniciados en 1966 sobre el movimiento de la barrera de Larsen entre los paralelos 65° y 66° S (Simposio Internacional sobre Exploración Glaciológica Antártica (Hannover, N. H., 1968).
- Investigaciones sobre acumulación en témpanos y barreras en una zona orientada en dirección NW-SE en el Mar de Weddell.
- Perforación hasta los 100 m en un domo, ubicado al sur de la península Antártica, en colaboración con el British Antarctic Survey.
- Estudios geocriológicos en las islas Marambio y Shetland del Sur.
- Estudios sobre geología glaciar en coordinación con el Grupo GEOANTAR.
- Estudio sobre la distribución de productos de fisión producidos por la detonación de artefactos nucleares en la atmósfera, a partir de evaluaciones de la variación de la concentración de Sr-90 en el tiempo.

OCEANOGRAFÍA FÍSICA

El grupo de Oceanografía del Instituto Antártico Argentino studia actualmente la estructura y el régimen hidrológico de la corriente circumpolar antártica y el frente polar, para pasar luego al estudio del filamento norte de la corriente circumpolar y la corriente de Malvinas.

Al mismo tiempo se adaptan y desarrollan los sistemas de instru-

mentación y las técnicas de observación necesarias para poner a la Argentina en un nivel similar al de los demás países.

Zonas de trabajo

La zona de trabajo elegida para los estudios sobre la corriente circumpolar antártica. es el Pasaje Drake. La estructura y el régimen del frente se observan en el Pasaje Drake y el Mar de Scotia.

Desarrollo de las tareas

Se realizan campañas anuales de unos 150 días de duración a bordo de un buque oceanográfico. En el pasado se utilizó el ARA GOYENA, en tanto que ahora se cuenta con el ARA ISLAS ORCADAS (ex ELTANIN).

Cada campaña se planifica y prepara minuciosamente durante el año y, luego, a bordo, científicos y técnicos del Instituto realizan observaciones que abarcan los siguientes aspectos:

- Perfiles de temperatura en función de la profundidad, obtenidos con batitermógrafos no recuperables (XBT), durante la navegación en la zona de operaciones.
- Perfiles de salinidad, temperatura, oxígeno y velocidad del sonido obtenidos con el sistema salinidad-temperatura-profundidad (STD) en puntos previamente seleccionados.
- Recolección de muestras de agua de mar a diferentes profundidades para evaluar su contenido en nutrientes y otros componentes químicos de interés.
- Series temporales de velocidad, dirección y sentido de la corriente a diferentes niveles, obtenidos por correntógrafos fondeados en puntos previamente elegidos.
- Perfiles de fondo con sonda de precisión (PDR) y determinación de posición con navegador por satélite (NAVSAT), obtenidos a lo largo de la navegación en la zona de operaciones. Esta información es posteriormente procesada y analizada, llegando a conclusiones parciales o finales sobre los sistemas observados.

Objetivo. Estos estudios están orientados a lograr un mejor conocimiento del régimen de las aguas del Océano Antártico y a evaluar su influencia sobre el Mar Argentino y la corriente de Malvinas.

Química y producción primaria

La División Química del Instituto Antártico Argentino continúa realizando los análisis de las muestras de agua de mar recogidas por

el buque de investigación ARA ISLAS ORCADAS y elaborando los datos correspondientes.

En la Base Científica Almirante Brown han seguido los estudios encaminados a establecer la variación estacional de la producción primaria en la bahía Puerto Paraíso, relacionándola con parámetros físicos, químicos y biológicos.

La División Química ha desarrollado nuevas técnicas para la determinación de carbohidratos totales, anhídrido carbónico total y cromatografía de azúcares, empleándose en ello muestras extraídas en la Estación Científica Almirante Brown.

A fines del año último, se determinó en la misma Estación Almirante Brown el transporte de CO_2 y el tiempo óptimo de incubación.

Durante 1976 se puso especial énfasis en el comienzo de las tareas de investigación sobre contaminación por petróleo e hidrocarburos disueltos y dispersos en el agua de mar, empezándose a tal fin con la toma de muestras para los análisis correspondientes.

Las tareas que viene desarrollando la División Química son las siguientes:

a) Estudio de la cinética de transporte en el fitoplancton marino antártico.
b) Efecto del enriquecimiento de micronutrientes en la asimilación del 14_c, en fitoplancton.
c) Transporte de CO_2 a través de la membrana en el fitoplancton.
d) Efectos del enriquecimiento de micronutrientes en el transporte de CO_2 en el fitoplancton.
e) Influencia de la asimilación de 14_c de la relación Nitrógeno/Fósforo (N/P).
f) Desarrollo de técnicas de separación de hidratos de carbono, lípidos y proteínas en el fitoplancton.
g) Actividades de apoyo a cruceros oceanográficos físico-biológicos:
   i. determinación de la Temperatura-Salinidad;
   ii. determinación del pH, alcalinidad total y oxígeno disuelto;
   iii. determinación de pigmentos fotosintéticos; clorofilas a, b y c, y carotenos totales;
   iv. determinación de la producción primaria, método del 14_c.
h) Contaminación por petróleo y derivados en aguas superficiales.
i) Determinación de hidrocarburos aromáticos (alto impacto de toxicidad) por espectrofluormetría.

j) Determinación de n-alcanos.

k) Determinación de la inhibición de la fotosíntesis, primer nivel trófico por petróleo.

Puntos 1 y 3 en la Estación Científica Almirante Brown.

Punto 3 en las derrotas con buques de la Armada.

Punto 2 a bordo del ARA ISLAS ORCADAS.

Física de la alta atmósfera

En esta disciplina el Instituto Antártico Argentino desarrolla los siguientes programas:

Geomagnetismo

Se realizan observaciones absolutas y se registran las variaciones de las componentes horizontal (H) y vertical (Z) del campo magnético terrestre.

Sobre la base de estos datos se estudia la actividad magnética en la zona auroral y su relación con las demás perturbaciones polares.

El estudio abarca la dinámica de la actividad magnética propia de esa parte de la zonal auroral de cuyo estudio se pretende llegar a establecer las formas de la precipitación de energía proveniente de la cola magnética.

Los datos magnéticos son a su vez correlacionados con los de otros observatorios, tales como los de Halley Bay y Orcadas, lo cual permite estudiar el desplazamiento hacia latitudes menores, de la energía que penetra en la zona auroral.

Ionosfera

Mediante sondadores se registra la actividad ionosférica, lo que permite estudiar la dinámica de las distintas regiones de la ionosfera.

Se analizan fenómenos particulares de la ionosfera polar, tales como las tormentas ionosféricas y su vinculación con la actividad magnética.

En particular, se profundiza el estudio de las "E-particles", de la región E múltiple, y de la difusión de la región F.

Se desarrolla, además, un programa para el cálculo de perfiles de densidad electrónica, sobre la base de datos de sondeos.

Riometría

Mediante riometros que operan en las frecuencias de 18, 27 y 35

MHz, se estudia la contribución de las distintas capas de la ionosfera baja a la absorción total.

Se estudian los casos caracterizados por una estricta correlación con la actividad magnética, y aquellos en que no existe ninguna correlación. Ambos tipos de procesos muestran características distintas, las que aparentan vincularse a desplazamientos verticales del plasma ionosférico.

Silbidos Radioeléctricos

Se registran los silbidos radioeléctricos naturales, lo que permite estudiar los mecanismos de generación y propagación de esas señales.

Se estudia la correlación con los registros de las bases Siple, Halley Bay y Kerguelen, con la finalidad de determinar si la propagación ocurre sobre grandes capas extendidas a lo largo de un paralelo, o en forma de tubos distribuidos a lo largo de meridianos.

Con estos datos se calcula además el contenido electrónico total de un tubo de propagación, lo cual es de gran valor en el estudio de las perturbaciones polares. El desplazamiento de esos tubos y los campos eléctricos vinculados son también objeto de estudio.

A partir del año en curso funciona, además del receptor, un goniómetro de silbidos, que permite conocer la dirección de incidencia de las señales recibidas.

El estudio de los resultados se hace en cooperación con las Universidades de Poitiers, Francia, y de Slough, Gran Bretaña.

Auroras

La dinámica auroral es registrada mediante Cámara Todo-Cielo, y un fotómetro fotoeléctrico de tres canales.

Los resultados indican una gran asimetría con los procesos análogos estudiados en el Hemisferio Norte, en cuanto a las relaciones de intensidades y a la dinámica de las formas.

Se estudian las pulsaciones de la intensidad auroral, especialmente su dependencia de otros fenómenos periódicos que tienen lugar en la alta atmósfera.

NORWEGIAN ANTARCTIC RESEARCH PAST AND PRESENT*

Olav Orheim
Norsk Polarinstitutt.

Abstract

Norwegian Arctic exploration led to Antarctic interest, first in whaling and exploration, and later to scientific studies. The most recent Norwegian expedition took place in Dronning Maud Land, Weddell Sea and at Bouvetøya during January and February this year. The 24 expedition members studied meteorology and glaciology on Riiser-Larsenisen, geology and biology in Vestfjella, and conducted studies in oceanography, marine biology, marine geophysics, marine geology, and sea ice in the Weddell Sea. The expedition also worked for three days at Bouvetøya.

Introduction

The geography of Norway is similar to Chile: long and narrow, stretching towards the polar region. In Norway most of the population live along the coast, and a larger proportion of our people live north of the Arctic circle than in any other country. It was therefore natural that Norwegians should engage in polar exploration. From the second half of last century numerous Norwegian expeditions worked in the Arctic. Some of these had scientific aims, such as the classic expedition led by Fridtjof Nansen, which drifted with "Fram" across the Arctic Ocean. But most expeditions were simply for fishing or hunting, because Norway in those days was a poor country and all sources of food and income were of importance.

At the turn of the century the Norwegian tradition of seamanship and Arctic exploration led Norwegian also to the Antarctic. The experience in polar travel developed in the Arctic was the main reason why many expeditions from different nations had mostly Norwegian members. Some Norwegians became well known, such as Captain C. A. Larsen, who explored the east side of the Antarctic

* Publication Nº 2 of the Norwegian Antarctic Research Expeditions (1976/77).

Peninsula in 1894, and Carten Borchgrevink, who led the first wintering party at the continent in 1899. And of course Roald Amundsen, who attained the South Pole in December 1911. Whaling was also now becoming important in the still relatively poor economy of Norway, and in many large districts the revenue from the whaling industry was the main source of income for several decades of this century. Some Norwegians settled and built up Antarctic activities in other countries, such as Captain Andresen in Chile.

Norwegian Research in Antarctica

The first major Norwegian research project in the Antarctic took place from 1927-31, when Consul Lars Christensen bought and outfitted a small vessel, "Norvegia", and sent her on four seasons of scientific exploration. During these years Dronning Maud Land (Queen Maud Land) was discovered and visited, by landing from aeroplane carried on the ship, and both. Peter I øy (Peter I Island) and Bouvetøya (Bouvet Island) were investigated. The latter was visited during each of the four years. These expeditions did mostly geologic, marine biologic, oceanographic and topographic work.

The next major Norwegian research effort came in 1949-52, with the mounting of the Norwegian-British-Swedish expedition which wintered for two years at Maudheim in Dronning Maud Land. This was in many ways the first of the modern expeditions. It introduced to Antarctica scientific techniques which now are standard, and it led the way to the spirit of international cooperation that found its expression during IGY and with the establishment of SCAR and the Antarctic Treaty. This expedition was 3/4 financed by Norway and led and organized by Norsk Polarinstitutt (The Norwegian Polar Research Institute), but with equal number of participants from the three nations.

Norway was also active during IGY. with an expedition that wintered for three years at Norway Station, which later became SANAE. This expedition was also organized and led by Norsk Polarinstitutt, but this time with Norwegian members only.

After 1960 and until recently, Norway has only sent small summer expeditions to the Antarctic, in most years with logistic support by the U.S. Antarctic Research Programme. This work has included geologic, glaciologic, and topographic studies in various parts of Dronning Maud Land and in the Ellsworth Mountains, glaciologic and meteorologic studies on the Antarctic Plateau, and oceanographic

research in the Weddell Sea. But not until last year was Norway again able to send its own independent expedition.

The 1976/77 Norwegian Antarctic Research Expedition

As before the expedition was organized and led by Norsk Polarinstittut, with the author as expedition leader. The expedition ship was M/S "Polarsirkel", a Norwegian icebreaker/sealer built in 1976. She left Norway in late November, 1976, and returned to Norway at the end of March, 1977.

The expedition consisted of 21 Norwegian scientists, one visiting Argentine scientist, and a two-man film crew. During the months of January and February the scientists conducted research in the Weddell Sea and on Dronning Maud Land, working as two separate parties, a land party and a shipboard party.

The land programme

Nine scientists worked ashore during the expedition. Five worked on Riiser-Larsenisen, in part conducting meteorologic studies at the base camp, and in part conducting glaciologic studies at various localities on the ice shelf. The base was named Camp Norway 3, and was located at 72°19'S and 16°18'W. The meteorologic studies were aimed at a better understanding of the air circulation just above and just below the snow/air interface. The glaciologic studies included establishment of stakes for repeated measurements of ice movement and accumulation, and collection of ice cores and other snow samples for later laboratory studies and chemical content of the snow. The latter work will give information on climatic trends and on evolution of global atmospheric pollution.

Four scientists worked in Vestfjella, establishing their base, Camp Norway 4, at 73°44'S, 14°46'W, about 160 km inland from the Camp Norway 3. Three of them studied the geology and paleomagnetism of the mountain group to develop the history of the volcanic events and to relate these rocks to other rocks in Antarctica and other parts of Gondwanaland, the old supercontinent. The fourth scientist studied the cold adaptation of *collembola* and mites, and brought mites alive back to Norway for further laboratory studies. He also collected bird samples for laboratory studies of environmental toxicology.

One automatic weather station was established in Vestfjella. This

is planned to transmit information on air and ground temperatures at 8 intervals of one year. The data are received by the NIMBUS-6 satellite and transmitted to USA and then to Norway.

The shore parties used four snowmobiles for transport, and they travelled a combined total of about 7,000 km during the field season.

The shipboard programme

Whereas the land programme was in many respects a traditional form for Antarctic research, the shipboard programme introduced some new techniques and instruments to the Weddell Sea and in some cases to the Antarctic. The main programmes were in oceanography and marine geophysics, with smaller studies of marine geology, marine biology, sea ice, and of the ice shelf. Groups from several Norwegian research organizations and universities contributed with personnel and equipment to outfit "Polarsirkel" to become a very modern mobile laboratory. Fig. 1 shows "Polarsirkel" and Fig. 2 shows the ship track and the research done in the Weddell Sea and in Dronning Maud Land.

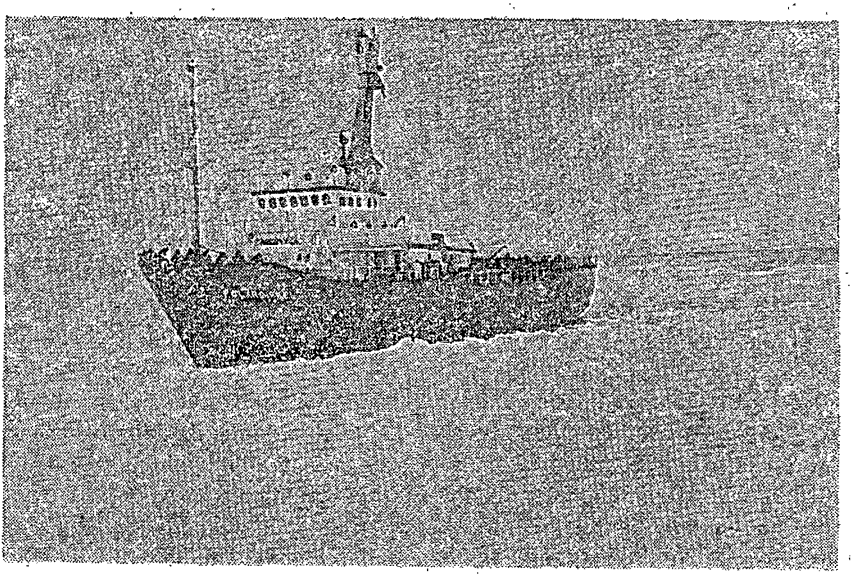


Fig. 1: "Polarsirkel" breaking the fast ice by the ice shelf prior to placing the land party ashore.

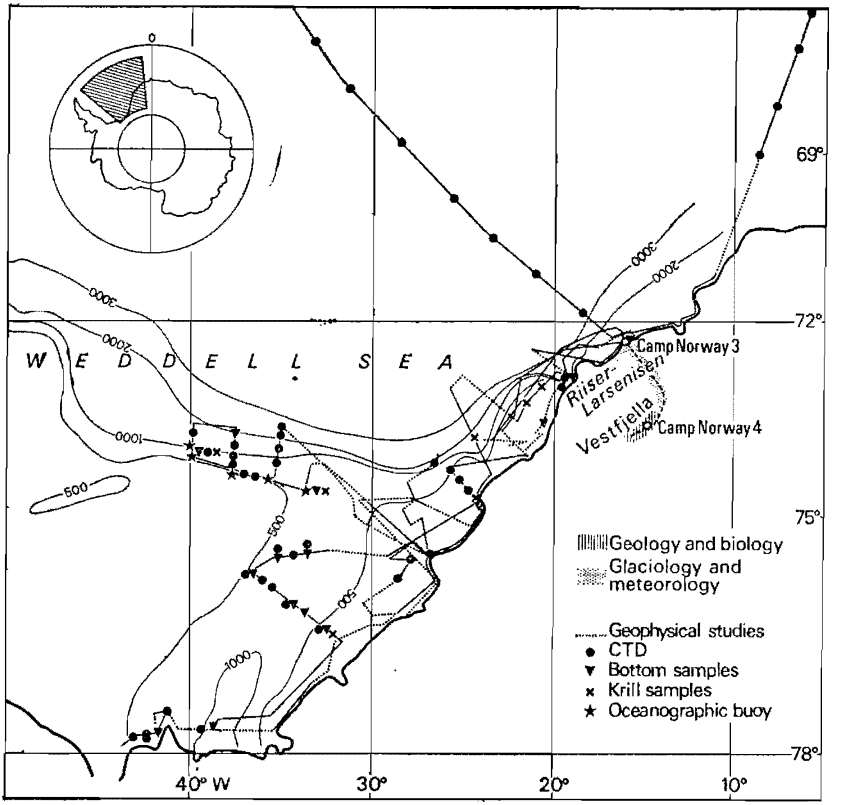


Fig. 2: Work area of the 1976/77 Norwegian Antarctic Research Expedition. At some localities the symbols for "CTD" and "Bottom samples" represent more than one sample locality.

The oceanographic work was done by a three-man group with assistance from the visiting Argentine scientist. It was a continuation of the successful cooperation with USA and Argentina under the IWSOE Programme. Over 100 CTD-soundings of salinity, temperature and depth were done using a Neil Brown CTD-sonde. The deepest of these soundings were done to 3,000 m, and at water depths of 1,000 m or less they were usually taken to the sea bed, which revealed hitherto unsuspected phenomena in the lower tens of meter of the water column. Ten Aanderaa current meters, that will record temperature, currents, and salinity, were placed near the sea bed in the central part of the Weddell Sea. Half of the meters were supplied by the USA, and they will all record data every hour for one year.

Two tide gages recording at the same time intervals were placed in the same area. Detailed studies of potentially supercooled water were done at the edge of the Filchner ice shelf.

The marine geophysic programme was done by a four-man group from two institutions. Magnetometry was done throughout most of the cruise, covering about 2,000 km within the Weddell Sea area and even longer distances during the crossing to and from Antarctica.

Gravimetry was done on all track lines shown except the most easterly, as there was instrument failure at that time. Bathymetry soundings, to 6,000 m, were also done all the time apart from the most easterly track.

Seismic studies were done by two techniques. About 1,100 km were covered by reflection and refraction studies, using airguns as the energy source, a 1.5 km long sixteen-channel streamer, sonar buoys, and a DFS-5 instrument. Signals were obtained down to about 6 km depth. Reflection studies of about 1,200 km lenght were done with a sparker as energy source, these gave reflections down to about 500 m depth.

To study the sea bed conditions a side-seeking sonar was used over about 220 km, with results obtained down to 400 m water depth. These showed highly variable bottom topography. The combined cruise lines of the seismic and sonar studies are shown in Fig. 1 under the heading "geophysical studies".

The geologic programme consisted of sampling at 27 localities, both dredging and coring, and at 7 of these bottom photography was also obtained. Most of the geologic stations are shown in Fig. 1. Numerous types of bottom fauna were also obtained together with the geologic samples.

The marine biologic programme was mostly a biochemic and bacteriologic study of krill, and of the processes of its decomposition. Krill samples were collected (Fig. 1) and in part frozen and in part allowed to deteriorate and studied at various time intervals. A two-man group conducted these studies, and they also took general biologic registrations of animal life encountered.

The sea ice studies and the ice shelf studies were done by one man, the main programme being a general registration of the sea ice conditions, to be used as ground control for the satellite sensed information, and a study of the ice shelf thickness and position, to determine mass outflow rates for this part of Antarctica.

Both this mapping programme, and the various other shipboard programmes were dependent upon precise position information. To

this aid the ship carried two separate satellite navigation systems. It is estimated that travelling at full speed along a cruise line the ship's positions were at all times known within 200 m, and if for special purposes we stayed in a fixed position then this could be determined to within about 10 m. Two men were responsible for the navigation system, and this was operative throughout the cruise.

Bouvetøya

After completing the work in Dronning Maud Land and the Weddell Sea the expedition spent three days working at Bouvetøya. An automatic weather stations, transmitting data on temperature, pressure and wind, was established on the western side of the island. This station is expected to be in operation for 1 1/2 year, and is transmitting its data via NIMBUS-6. The expedition also did tide measurements, studied the biology and geology ashore, and did oceanographic and marine biologic studies in the surrounding sea.

CONCLUSION

This expedition has shown that by using a small ice-breaker as a mobile research platform we can employ techniques in the ice covered waters of Antarctica that are needed to solve many of the major questions now facing the Antarctic nations. The programme of the expedition was planned to obtain information on some of the questions which SCAR feels must be studied, in order to provide the Treaty Nations with the necessary information to make wellfounded decisions on the difficult questions of resources in Antarctica. As the expedition has recently returned we cannot yet present many results, but over the next months the data will be analyzed and presented to the international community. We can already see, however, that many more such studies are needed, and we hope to repeat this kind of expedition in the 1978/79 season.

PARTE TERCERA

El desarrollo de los recursos vivos de la Antártica

ESTADO ACTUAL Y POTENCIAL DE UTILIZACION DE LOS RECURSOS RENOVABLES DE LA ANTARTICA

José Valencia
Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile.

Introducción

Durante los últimos seis años la opinión pública ha sido testigo de un interés cada vez más acentuado por los recursos renovables de la Antártica y el océano que la rodea. Tal interés puede atribuirse a varios factores que operan en forma simultánea y sinérgica. Entre ellos, pueden contarse el crecimiento de la población humana y el consiguiente aumento de la demanda de alimentos; la crisis del petróleo y el aumento de los costos para la industria agropecuaria; los cambios en la política mundial respecto del límite de las doscientas millas de mar territorial, que limita el acceso a las pesquerías, que tradicionalmente no tenían restricciones; la contaminación de algunos océanos y la disminución de la productividad correspondiente en términos de pesquerías y muchos otros que sería largo enumerar.

Las estimaciones de la OMS nos indican que, aproximadamente, la mitad de la población del mundo padece de algún grado de desnutrición. Algunos expertos opinan que es posible que en 1980, en el mercado mundial no habrá excedentes agrícolas disponibles para los países que no producen todo el alimento que consumen.

Frente a este panorama de incertidumbre, las Naciones Unidas, por intermedio de sus programas, ha patrocinado dos reuniones de expertos para estudiar las posibilidades que ofrece el krill como recurso alimentario. También, ha patrocinado una reunión de especialistas para revisar el estado actual de los mamíferos marinos y su explotación. Tales reuniones son una buena indicación de la preocupación que existe por anticiparse a una situación en que sería necesario recurrir a todos los recursos renovables disponibles en la biósfera.

Caracterización de los Recursos Renovables de la Antártica

Los recursos renovables de la Antártica se encuentran en su gran mayoría en el océano que la rodea; en menor proporción existen otros en sus costas, y sólo una minoría de especies son terrestres que habi-

tan el continente y las islas subantárticas. Casi la totalidad de las especies animales obtienen su alimento del océano. Por otra parte, las plantas reciben una fuerte influencia del océano, la fauna y el clima prevalente.

A diferencia de los recursos minerales, existen algunos recursos vivos del Océano Austral, que han sido utilizados o están siendo sometidos a una creciente utilización por algunas naciones.

Las Algas

Las algas macroscópicas del bentos de la Antártica son un recurso que podrá utilizarse en un futuro cercano. Su extracción no requiere de inversiones tan grandes como otros recursos renovables de la zona. Existen unos 25 géneros de algas macroscópicas, que podrán utilizarse en la fabricación de alimentos de consumo humano y animales domésticos, abonos para la agricultura y también en la obtención de productos para la industria textil y farmacéutica.

Aunque hasta ahora no disponemos de estimaciones globales de la magnitud de estos recursos, pueden considerarse como una indicación los datos de la zona de las Islas Kerguelen para *Macrocystis*; el promedio de biomasa es de 5 a 10 kg/m^2 en una superficie de 200 km^2 (Delèpine, 1976). En el manejo de estos recursos hay que tener en consideración que la velocidad del crecimiento de las algas australes es mucho menor que en los océanos templados y tropicales.

Krill

Este es el recurso renovable de la Antártica, que hasta ahora ha provocado la mayor atención. Esto se debe en parte, a que las estimaciones globales de su biomasa son tan enormes que su utilización en gran escala podría sustituir con creces el total de la producción pesquera mundial. Las estimaciones de la biomasa del krill en el Océano Austral van de las más optimistas de 800 a 5.000 millones de toneladas (Lyubimova et al., 1973), hasta las más prudentes de 75 millones de toneladas, derivadas de las estimaciones de zooplancton (Gulland, 1970). Podemos predecir que a medida que el conocimiento de este recurso aumente, las estimaciones de su biomasa serán más precisas. A pesar de la variabilidad de las diferentes estimaciones de que se dispone, los expertos consideran que podrían extraerse de 100 a 200 millones de toneladas de krill al año. Estas últimas cifras pueden compararse con los 65 millones de toneladas

que constituyen la captura pesquera mundial, cifra aproximada de los últimos cinco años.

Dada su composición química de 14,6% de proteína, 4,2% de lípidos y 78,7% de agua (Yanase, 1971) y su sabor agradable, este recurso podrá utilizarse en la alimentación humana. También podrá usarse en la fabricación de alimentos para animales y como agregado en abonos.

En la actualidad hay por lo menos seis naciones que tienen programas activos de prospección y producción experimental de krill. Luego, existe una tecnología en rápido desarrollo y es muy probable que esta pesquería sea una realidad a corto plazo.

Cefalópodos (calamares y pulpos)

En la zona antártica y subantártica existen alrededor de 25 especies de cefalópodos que podrían utilizarse en la alimentación humana. Hasta ahora, son pocas las prospecciones de la zona antártica que se han hecho con el fin de establecer nuevas pesquerías de este recurso, y carecemos de estimaciones directas de su magnitud. No obstante, Voss (1973) señala que la población de cachalotes, estimada en unos 500.000 individuos, consume aproximadamente 50 millones de toneladas de calamares por año; otras estimaciones son del orden de 13,5 millones de toneladas anuales.

La captura de este recurso exige técnicas especiales, debido al desarrollo del sistema nervioso y la visión en estos organismos. Son predadores de reacciones rápidas que se agrupan a ciertas horas del ciclo día-noche.

Peces

De un total aproximado de 110 especies de peces del Océano Austral, existen unas 11 de interés económico potencial. Dos de estas especies figuran en el Anuario de Pesca (FAO), en el período 1970-74. Los totales capturados de estas especies en esos cuatro años son 140.000 y 730.000 toneladas para cada una.

En la actualidad, no existen estimaciones de la magnitud de la biomasa ni de los stocks de estas once especies de interés potencial.

Los conocimientos de la ecología de estas especies son fragmentarios. No obstante, hay que destacar que de las once especies de interés potencial, cinco de ellas utilizan el krill en mayor o menor grado como alimento, en alguna etapa de su vida (Permitin, 1970). Además, estas especies se caracterizan por tener un período de cre-

cimiento prolongado y, consecuentemente, alcanzan la madurez sexual tardíamente. Estas características pueden representar un riesgo en un eventual desarrollo de pesquerías en el futuro. Sin embargo, planes de manejo adecuados podrían prevenir un agotamiento prematuro de los stocks y la ruptura del equilibrio en el ecosistema.

Aves

En la región del Océano Austral y el Continente Antártico se han reconocido 45 especies de Aves (Watson, 1975). Aunque tales especies carecen de un interés económico directo, tienen importancia, puesto que consumen otros recursos de importancia económica, como crustáceos, calamares y peces. Además, vale la pena señalar su valor estético y científico.

Las estimaciones más recientes muestran que existen unos 165 millones de individuos con una biomasa total de 500.000 toneladas (Prévost, pers. com.). Tales estimaciones son derivadas indirectamente de datos para cada especie, que distan mucho de ser exactos, tal como lo reconoce su autor. Así, estas estimaciones sólo son una aproximación muy cruda y pueden contener errores de magnitud considerable, no obstante su utilidad es innegable. Prévost también estimó la cantidad de alimento que consumen las aves antárticas en 31,6 millones de toneladas anuales, cifra que es ligeramente inferior a la que indica para las focas. Tales cifras muestran claramente la importancia de las aves como consumidores en el ecosistema antártico. Por último, es importante destacar que los pingüinos constituyen el 60% de los individuos con el 88% de la biomasa total indicada y que consumen el 83% del tonelaje total de alimento por año.

Pinípedos (focas)

Las especies de focas que existen en el Continente Antártico y el Océano Austral son seis. Cuatro de ellas son propiamente antárticas y las dos restantes son subantárticas.

Las estimaciones más recientes señalan un total de poco más de 16,8 millones de individuos con una biomasa total de 3,5 millones de toneladas para las seis especies (Laws, 1977). La foca cangrejera *(Lobodon carcinophagus)* es la más abundante, con una población estimada de poco más de 14,8 millones de individuos.

El lobo fino *(Arctocephalus a. gazella)* y el elefante marino *(Mirounga leonina)* fueron intensamente explotados en el siglo pasado y comienzos de éste. Tal explotación hizo disminuir tanto

las poblaciones, que las operaciones dejaron de ser rentables y la explotación fue suspendida. En la actualidad, todas las especies de focas se encuentran bajo la protección de la Convención para la Conservación de las Focas Antárticas de 1972. En el caso de ser factible la utilización de alguna de estas especies, ésta se hará teniendo en consideración la dinámica poblacional de las especies, evitando su extinción. Por su abundancia la foca cangrejera podría considerarse como la especie con mayor rendimiento potencial, en cambio, el lobo fino es el más preciado por las características de su piel, aunque es mucho menos numeroso.

Por último, es necesario agregar que estas especies son carnívoras, consumen peces, krill, cefalópodos e incluso pingüinos (Oritsland, 1970). Tal dieta muestra las interacciones ecológicas que deben tenerse en cuenta en el momento de decidir las estrategias de utilización de los recursos renovables de la Antártica.

Cetáceos (ballenas)

En el Océano Austral habitan seis especies de cetáceos de gran interés económico, cinco de ellas son ballenas de barba y, una, el cachalote, posee dientes. Las estimaciones actualizadas indican una población total de aproximadamente 378.500 individuos con una biomasa de poco más de 8 millones de toneladas (Laws, 1977). La especie más importante por su biomasa actual es el Rorcual (*B. physalus*) con el 50% del total. Luego, le sigue, a mucha distancia, el Rorcual menor (*B. acutorostrata*), con el 17,4%, y el cachalote (*P. catodon*), con el 14,4%.

A diferencia de los demás recursos renovables del Océano Austral, los cetáceos han sido utilizados por largo tiempo. Tal explotación ha provocado la disminución de los stocks a un 17,5% de la biomasa que se estima existió al comenzar la pesca. A pesar de esta drástica disminución, el año 1973 se pescaron 304.000 toneladas de ballenas en la Antártica (valor aproximado, 40 millones de dólares) que equivale a un 45,6% de la captura mundial de ese año (Holt, 1976). La historia de la explotación de las ballenas antárticas ha sido analizada a la luz de los conceptos actuales de manejo de recursos (Gulland, 1975), y constituye un caso clásico de sobreexplotación, en que la industria prefirió ignorar las advertencias de los especialistas.

La recuperación de los stocks de ballenas y su utilización racional es una alternativa que merece consideración dentro de los programas de manejo de los recursos del Océano Austral.

DISCUSIÓN

Esta caracterización de los recursos renovables del Océano Austral no pretende ser exhaustiva, sino presentar sus aspectos más relevantes. El potencial de estos recursos no sólo es función de las estimaciones de biomasa y de carga máxima sostenible, sino también de los recursos humanos, tecnológicos y económicos disponibles para su eventual utilización en gran escala.

A medida que la demanda de alimentos en el mundo aumente, también será mayor el número de naciones que deseen tener acceso a los recursos del Océano Austral. Conviene recordar, en relación con esto, que el Tratado Antártico no se pronuncia sobre la utilización de los recursos vivos y acepta la industria ballenera y la captura de focas, dentro de las medidas acordadas para la protección de la flora y fauna (Art. IX, Recs. I-8, II-2, III-8, IV-21 y IV-22).

El interés creciente por utilizar los recursos del Océano Austral no puede ignorarse. Las naciones del Tratado pueden hacer una contribución importante al formular los programas de investigación sobre los recursos que permitan generar en plazo razonable los planes de manejo y alternativas de utilización.

Además, están facultadas para evaluar y acordar qué sistemas pueden emplearse para regular la utilización de los recursos sin comprometer su capacidad de renovarse. Una contribución de esta naturaleza, sería ejemplo para otras naciones que enfrentan dificultades crecientes en sus programas de aprovechamiento de recursos naturales.

LITERATURA CITADA

Delepine, R. Note préliminaire sur la répartition des algues marines aux Iles Kerguelen. CNFRA 39: 153-159, 1976.

Gulland, J. The development of the resources of the Antarctic Seas. In Ant. Ecol. Holdgate (Ed.). Acad. Press 1: 217-223, 1970.

Gulland, J. The management of Marine Fisheries. Univ. of Washington Press. Seattle, 1974.

Holt, J. Statistics of catches of large whales, by weight (Provisional). Documento Comité Asesor sobre Investigación de los Recursos Marinos. ACMRR/MM/SC/7, 1976.

Laws, R. M. Seals and Whales of The Southern Ocean. Phil. Trans. R. Soc. London. B. 279; 81-96, 1977.

Lyubimova, T. *et al.* Prospects of the utilization of Krill and non commercial resources of the world oceans. J. Fish. Res. Bd. Canada 30: 2196-2201, 1973.

Øristland, T. Biology and population dynamics of Antarctic seals. in Ant. Ecol. Holdgate (Ed.). Acad. Press 1: 361-366, 1970.

Permitin, Y. E. The consumption of krill by antarctic fishes. in Ant. Ecol. Holdgate (Ed.) 1: 177-182, 1970.

Voss, G. L. Cephalopod resources of the World. FAO, Fisheries Circular Nº 149, 1973.

Watson, G. E. Birds of the Antarctic and Subantarctic. Ant. Res. Ser. Am Geophys. Union. Washington, 1975.

Yanase, M. Chemical composition of *E. superba* and its utilization as condensed solubles for human food. Bull. Tokai. Reg. Fish. Res. Lab. 65: 59-66, 1971.

EL DESARROLLO DE LA EXPLOTACION DEL KRILL ANTARTICO

Roberto Cabezas Bello
Instituto de Fomento Pesquero.

1. Introducción

El krill ha sido en los últimos años, motivo de atracción frente a la necesidad de incrementar la producción alimentos, así como para elevar los niveles de nutrición. El interés nacional e internacional por desarrollar la pesquería del krill, es reconocido y se ha avanzado en tal sentido, al concretarse por parte de varios países extensos programas de investigaciones y de producciones experimentales a pequeña escala.

Sin duda, el krill, es una alternativa de desarrollo para ciertos Estados que poseen ventajas comparativas o poseen los medios para iniciar su explotación; en esta perspectiva visionaria, Chile está en buenas condiciones para enfrentar la conquista de esta riqueza marina, en beneficio de su pueblo y de la humanidad.

De acuerdo con los antecedentes disponibles y con los resultados logrados en las recientes investigaciones del Instituto de Fomento Pesquero, es posible delinear una política inteligente y realista para enfrentar con éxito el desarrollo de la pesquería del krill, dando no sólo una demostración de la capacidad nacional para generar tecnologías, sino también un ejemplo para utilizar un recurso natural que ofrece posibilidades concretas para el país. Porque la pesca deberá superar su estado actual para convertirse en un sector productivo y fuente ocupacional de importancia, contribuyendo significativamente al mejoramiento de las bases de intercambio y de la balanza de pagos, por medio de productos finales perfectamente competitivos en los mercados internacionales más exigentes; y, por otra parte, deberá proporcionar alimentos proteínicos a bajo costo y de buena calidad como solución nutricional, en relación con las limitaciones adquisitivas de grandes masas de consumidores.

Bajo esta orientación general, este documento facilitará la comparación y la formación de un juicio integral de las alternativas de explotación del krill ante la posibilidad de llevar a cabo una iniciativa de inversión, haciendo un análisis de los antecedentes disponibles y una revisión de los principales resultados de las investigaciones reali-

zadas a la fecha, con el objeto de establecer las bases y los principios que deberían sustentar cualquier estudio de proyecto específico relacionado con el desarrollo de esta pesquería potencial.

2. Antecedentes generales

Variadas son las razones que justifican proyectar, tanto investigaciones científicas y tecnológicas como una explotación racional del krill en consideración que existen los elementos suficientes para comprender que la utilización comercial del krill será una realidad en el corto plazo. Concretamente, es conveniente tener presente los siguientes factores principales:

- Abundancia estimada del recurso;
- Situación pesquera mundial;
- Crisis mundial de alimentos;
- Perspectivas de desarrollo pesquero nacional;
- Transferencia de Tecnología;
- Interés internacional frente al krill.

No se puede dejar de señalar que la conjugación de estos factores impulsan a concretar iniciativas de inversión en el corto plazo; no obstante, las características propias de toda actividad pesquera y particularmente en las operaciones antárticas, exigen de un análisis más detallado de las posibilidades técnicas y del valor económico-financiero de cada alternativa de proyecto específico.

2.1. *Abundancia Estimada del Recurso*

El krill antártico lo forman varias especies de la familia Euphausidae, donde la más abundante e importante es la *Euphausia superba* (Dana). Esta especie epipelágica, que alcanza tallas promedios del orden de 45 mm y 60 mm, como máximo, mantiene una distribución limitada al océano y a la convergencia antártica, área delimitada entre los 55° y los 75° de latitud sur.

De acuerdo con los antecedentes bibliográficos disponibles, relacionados con la evaluación y rendimientos de pesca, aunque parciales en algunos casos, demuestran que el krill es un recurso pesquero potencial de gran magnitud. Al respecto y aplicando diferentes metodologías de evaluación, expertos pesqueros de renombre internacional, señalan que el krill podría soportar una explotación anual sostenida del orden de 100 a 200 millones de toneladas, a partir de una biomasa total de 1.000 a 5.000 millones de toneladas.

2.2. *Situación Pesquera Mundial*

Las estimaciones de la disponibilidad y abundancia del krill adquieren otra dimensión; si tenemos presente que la captura promedio total de la pesca mundial es de 60-70 millones de toneladas anuales, la mayor parte de las pesquerías tradicionales no soportarían un incremento significativo del esfuerzo. Cálculos especializados indican que el potencial estimado para la producción pesquera del tipo convencional, no será superior a los 100 ó 120 millones de toneladas anuales.

Esta realidad pesquera mundial muestra cómo las principales poblaciones objeto de explotación, atractivas por su valor comercial y accesibilidad, están entregando las máximas capturas permisibles o muestran índices de sobrepesca en relación con el esfuerzo aplicado. No obstante, estimaciones y conclusiones del Plan Indicativo Mundial de FAO, señalan que la demanda de productos pesqueros prevista para 1985 será de más de 100 millones de toneladas, lo que significa un incremento del orden de 50 ó 60% de la producción pesquera actual. Asumiendo que es posible explotar el 100% del potencial pesquero teórico estimado, las capturas mundiales podrían aumentar en el orden de 50 millones de toneladas; sin embargo, teniendo en cuenta las contingencias de las operaciones pesqueras, las fluctuaciones ambientales y la imposibilidad de explotar las poblaciones en su nivel máximo; las capturas mundiales sólo aumentarán en condiciones optimistas en unos 30 ó 35 millones de toneladas, donde el incremento anual promedio no será superior al 1 ó 2% durante el próximo decenio.

Las prioridades para el futuro, por lo tanto, son la búsqueda de un mejor aprovechamiento de las actuales capturas de especies tradicionales, y, la exploración y explotación de nuevas poblaciones: krill antártico, cefalópodos y peces mesopelágicos pequeños de alta mar. En todo caso, estas alternativas exigen de actividades de investigación, desarrollo tecnológico y la solución de varios problemas de comercialización.

2.3. *Crisis Mundial de Alimentos*

Aun cuando existen esfuerzos nacionales, bilaterales, multilaterales y de organizaciones internacionales, para estimular la producción de alimentos así como para mejorar los actuales niveles de nutrición, el problema del hambre está sin resolver y amenaza con adquirir mayor gravedad. Sin embargo, a pesar de las medidas adoptadas

la situación permanece, porque la parte vital del problema radica en la escasez y disponibilidad de materias primas y de productos alimenticios.

Esta realidad difícilmente podrá solucionarse con los aportes de la agricultura, la acuicultura o con la pesca tradicional. Deben investigarse nuevas alternativas de producción de alimentos; y en esta perspectiva el krill puede ser una solución inmediata aunque posteriormente se adopten otros procesos para la producción de proteínas de bajo costo. Una explotación racional del krill, podría satisfacer las necesidades alimentarias, aunque se duplicara la población mundial actual, y, este solo hecho, demuestra la obligación presente de dedicar los mayores esfuerzos a la investigación científica y tecnológica de este recurso, que puede garantizar el futuro.

Cabe hacer notar, por variadas causas, que en el mundo existe un desabastecimiento decreciente de alimentos por individuo, creando la impresionante realidad de la desnutrición. La explosión demográfica duplicará la población actual a fines del siglo, y los incrementos son alarmantes en los países subdesarrollados. Al respecto, se pueden enumerar una secuela de problemas que genera esta proyección:

— disminución de áreas y rendimientos agrícolas;
— expansión excesiva de ciudades;
— déficit de infraestructura para servicios básicos;
— desequilibrios ecológicos;
— contaminación del medio ambiente.

Frente a esta situación, es necesario solucionar el problema de abastecimiento de alimentos, porque, en general, el hombre tiene conocimientos necesarios y existen los recursos naturales suficientes.

2.4. *Perspectivas de Desarrollo Pesquero Nacional*

Chile mantiene un nivel de desembarque promedio anual del orden de 1 millón de toneladas incluyendo peces, mariscos y algas; y donde las especies pelágicas representan aproximadamente el 80% del total de las capturas. Esta realidad, proyecta un potencial explotable de recursos del tipo tradicional cercano a los 2 millones de toneladas anuales; sin considerar los recursos del talud continental e islas oceánicas, el total de recursos de algas y las perspectivas de desarrollo de la acuicultura a nivel nacional.

Al respecto, cabe destacar que la productividad de la zona de surgencia y plataforma continental chilena, es considerada como una

de las más altas del mundo; no obstante, para convertirse en un país pesqueramente desarrollado, Chile debe utilizar todas las alternativas y recursos que ofrezca el mar bajo la jurisdicción nacional.

La pesca en general y el krill en particular dará empleo y alimentos a una población creciente, e indiscutiblemente robustecerá nuestra balanza de pagos. No debemos olvidar que Chile no escapa a los problemas derivados de la subalimentación que afecta principalmente a la población infantil, limitando las posibilidades de integración del adulto a una sociedad moderna; principal obstáculo, para impulsar el desarrollo socioeconómico nacional.

2.5. *Transferencia de Tecnología*

La realidad nacional e internacional señalan que la investigación científica y tecnológica mantiene una aceleración de características crecientes en la búsqueda de soluciones para satisfacer el amplio rango de expectativas de la sociedad. En este sentido, debemos tener presente que los mecanismos de transferencia de tecnología plantean desequilibrios graves y aumentan las ventajas para los países desarrollados. Los avances son demasiado rápidos y desconocerlos significa negar las posibilidades de desarrollo socioeconómico.

No obstante, en algunas áreas de investigación científica y tecnológica es posible avanzar y competir en igualdad de condiciones. Es importante, en consecuencia, identificar estas áreas y actuar, para no sustentar las bases de desarrollo, tanto en el capital como en las tecnologías extranjeras.

De acuerdo con estos principios, se puede afirmar, que en materias pesqueras, somos capaces de crear y aplicar conocimientos, porque se ha logrado una especialización tecnológica, basados en la existencia y explotación de los recursos pesqueros disponibles en el mar bajo la jurisdicción nacional. Nuestra oportunidad, es utilizar estas ventajas para aprovechar los recursos naturales, a través de procesos y productos que permitan competir en el mercado internacional.

2.6. *Interés Internacional Frente al Krill*

Por último, además de los antecedentes señalados precedentemente, es preciso señalar que existe el interés internacional, por iniciar o participar en la explotación comercial del krill.

Japón y la Unión Soviética han desarrollado un amplio programa de investigaciones para la exploración y explotación regular del krill. Recientemente, la República Federal de Alemania ha realizado con

éxito la primera expedición del krill y proyecta cumplir a lo menos dos expediciones más. También Gran Bretaña, Francia, Noruega, Polonia, Italia, Africa del Sur, Corea y Taiwán tienen igualmente planes para el aprovechamiento del krill.

Este interés, sin duda, se fundamenta en los rendimientos decrecientes de las operaciones de pesca de las especies tradicionales en muchas regiones marinas; especialmente en el Océano Atlántico Septentrional. También las negociaciones sobre derecho internacional del mar y el reconocimiento de la zona económica exclusiva o de las 200 millas en beneficio de los Estados ribereños, es otra razón para que flotas pesqueras transoceánicas, proyecten operaciones para la explotación comercial del krill antártico.

3. Investigaciones del recurso krill

El desarrollo de todo el país depende del patrimonio científico y tecnológico acumulado. Este patrimonio no tan sólo permite buscar un complemento positivo entre los conocimientos nacionales y extranjeros, sino que es la única base para impulsar una independencia económica. En esta perspectiva visionaria se estructuró el Programa de Investigaciones del Recurso Krill, bajo la responsabilidad del Instituto de Fomento Pesquero, filial de la Corporación de Fomento de la Producción, CORFO, con el objeto de alcanzar el nivel de conocimientos suficientes para adquirir o desarrollar la tecnología necesaria para la explotación racional de este recurso antártico. Sin duda, este programa de investigaciones está absolutamente vinculado con la realidad nacional, y permitirá dimensionar o proyectar una industria con el mínimo de riesgo y el cálculo de la sensibilidad de los factores que definan la productividad de esta actividad pesquera.

Las actividades desarrolladas por IFOP, desde 1974 a la fecha, han estado orientadas hacia las siguientes áreas y objetivos:

3.1. *Factibilidad Pesquera o Producción Primaria*

Para determinar la factibilidad pesquera, base principal para iniciar el desarrollo de toda pesquería potencial, las actividades de investigación se han centralizado en las áreas que se indican seguidamente, a través de tres expediciones de investigación a las zonas de pesca del krill, durante una temporada antártica anual completa:

3.1.1. *Evaluación y Prospección Pesquera*

Con el objeto de evaluar, en el corto plazo, la abundancia, distribución, comportamiento e índices de capturas comerciales del recurso;

3.1.2. *Pescas Experimentales y Demostrativas*

Con el objeto de determinar el sistema de extracción de mayor eficiencia en relación a la accesibilidad y vulnerabilidad de la especie, para establecer tácticas de pesca comercial mediante redes de arrastre pelágico;

3.1.3. *Tecnologías de Manipuleo y Aprovechamiento a Bordo*

Con el objeto de conservar y aprovechar las capturas mediante distintos procesos, considerando el grado de perecibilidad del krill como materia prima para obtención de productos, tanto para el consumo humano, animal o industrial;

3.1.4. *Investigaciones Básicas de Apoyo*

Con el objeto de estudiar las condiciones del medio ambiente y del recurso, especialmente en las zonas de abundancia y distribución comercial. Básicamente, se han estudiado condiciones y parámetros biológicos, oceanográficos, meteorológicos, glaciológicos y de navegación y logística.

3.2. *Factibilidad Industrial o Producción Secundaria*

La factibilidad de industrialización se ha demostrado al definirse varios procesos y productos que permiten aprovechar integralmente el krill. Las principales actividades de investigación y avances tecnológicos desarrollados, tanto a bordo como en tierra, a nivel de laboratorio, planta piloto y semiindustrial, se indican seguidamente:

3.2.1. *Producción de Alimentos de Consumo Humano*

Con el objeto de estudiar la factibilidad técnico-económica de producción de alimentos de consumo humano directo, se han desarrollado los siguientes procesos:

a) *Proceso de pelado mecánico,* en consideración al reducido tamaño y consistencia del krill. Este proceso permite obtener un rendimiento del orden de un 12 a un 15% en colas a partir de krill entero congelado;

b) *Proceso de obtención de pastas* a través de operaciones mecánicas y también con un sistema químico que permite obtener un rendimiento de proceso superior al 50% a partir de krill entero.

3.2.2. *Formulación de Alimentos*

Las colas y pastas de krill representan un producto intermedio de un alto valor nutritivo que permiten la formulación de diversos alimentos para consumo humano. El IFOP ha experimentado la elaboración de diferentes tipos de productos de consumo tradicional, tanto en el mercado interno como externo:

a) *Productos apanados*: porciones prefritas y congeladas;
b) *Productos tipo pasta de pescado, refrigerados y enlatados;*
c) *Productos deshidratados*: sopas y alimentos estruidos;
d) *Productos tipo hamburguesas y croquetas;*
e) *Productos tipo embutido*: vienesas, salchichas y paté;
f) *Productos de quesos enriquecidos con proteína de krill.*

3.2.3. *Producción de Productos para Consumo Animal e Industrial*

Con el objeto de aprovechar integralmente el krill, en consideración a su gran abundancia, se han desarrollado una serie de estudios tendientes a obtener distintos productos a partir de desechos:

a) Harinas;
b) Pigmentos;
c) Quitina y quitosano.

3.2.4. *Investigaciones Básicas de Apoyo*

En forma simultánea, se han realizado estudios de conservación de materias primas y de productos, investigaciones básicas sobre proteínas, lípidos, microbiología, enzimas y aspectos funcionales de los productos elaborados a base de krill.

3.3. *Factibilidad Comercial o Terciaria*

La factibilidad comercial sólo se establecerá después de evaluar las posibilidades del mercado nacional e internacional de los distintos productos que se elaboren a partir del krill.

4. Proyectos de explotación del krill

De acuerdo con los antecedentes y los resultados de las investigaciones, para concretar la explotación del krill se requiere de la formulación, evaluación y ejecución de varios tipos de proyectos específicos de inversión. Estos proyectos deberán tener consideraciones de los problemas derivados de las posibles alternativas de financiamiento, en

relación con las diferentes fuentes y los roles que le corresponden, tanto al sector privado como público en el desarrollo de esta importante pesquería.

4.1. *Tipos de Proyectos*

Para lograr un nivel de desarrollo pesquero y cumplir con el objetivo de aprovechar integralmente el recurso krill, debe elaborarse un plan indicativo de corto, mediano y largo plazo, que señale y coordine un proceso continuo de ejecución de varios tipos de proyectos pesqueros. Los principales objetivos de estos proyectos están orientados hacia los niveles productivos y de servicios del sector, y para la mejor localización de las actividades industriales, en relación con el área de distribución del recurso y mercado:

a) *Proyectos de producción*: dimensionamiento de flotas y de plantas industriales;

b) *Proyectos de servicios*: transporte, almacenamiento y comercialización;

c) *Proyectos de obras comunes*: infraestructura portuaria, maestranzas, terminales, frigoríficos;

d) *Proyectos de capacitación de personal.*

Estos proyectos, sin duda, admiten cualquier combinación, especialmente, si las iniciativas incluyen varios propósitos integrados o separados, desde la actividad pesquera primaria hasta la terciaria; o si adoptan diversas tácticas de pesca o varios procesos industriales para asegurar la productividad de las inversiones comprometidas, sean éstas públicas o privadas.

4.2. *Características de los Proyectos Pesqueros*

Indiscutiblemente, las características de todos los proyectos para la explotación del krill, en mayor o menor grado estarán afectos a los riesgos y características propias de la actividad pesquera:

- Estacionalidad de las operaciones de pesca;
- Perecibilidad de la materia prima;
- Sobreinversiones industriales y de servicios de apoyo;
- Limitaciones de capturas por manejo de los recursos.

Sin embargo, estas características no deben ser ni son un obstáculo para proyectar, porque los avances científicos y tecnológicos como producto de las investigaciones pesqueras y de las principales disciplinas que conforman la Ciencia Pesquera, permiten administrar

proyectos e industrias pesqueras, sin más riesgo que los propios a una actividad empresarial-industrial. Sin embargo, estos principios deben conciliarse con las contingencias que pueden afectar las operaciones de pesca en la zona antártica.

Con este criterio, es posible desarrollar proyectos que aseguren el éxito de las actividades pesqueras basadas en el recurso krill; no obstante, es conveniente un análisis detallado de los siguientes aspectos principales:

a) Cálculo de la localización óptima del puerto base y de las plantas industriales, en equilibrio con los factores ligados a la abundancia y distribución del recurso natural y a la cuantía y áreas de los mercados por satisfacer;
b) Sensibilidad de los parámetros que definen la productividad empresarial, principalmente la incidencia y variabilidad de los costos operacionales de captura y costos unitarios de la materia prima. Es importante destacar que los costos de industrialización están en función directa con los costos unitarios de la materia prima y con la estacionalidad de las capturas;
c) Usos alternativos de los medios de producción, para utilizar la flota en otras pesquerías suraustrales y la diversificación industrial, que permita aprovechar varias especies como materia prima;
d) Incidencia de aspectos jurídicos, nacionales e internacionales, en la explotación comercial del recurso krill antártico.

El interés de esta pesquería, por parte de varios Estados, exigirá a mediano plazo de decisiones nacionales y de la cooperación internacional para adoptar posibles medidas de administración pesquera y de conservación del medio ambiente.

5. Líneas de Acción

Finalmente, de acuerdo con los elementos analizados y consecuentes con la realidad nacional, sectorial y empresarial, es posible demostrar que la explotación del krill es factible, y es oportuno establecer algunos delineamientos para impulsar el desarrollo de esta pesquería. Estas líneas de acción pueden estudiarse con plena propiedad, porque existe el nivel de conocimientos suficientes y la capacidad ingenieril para captar, adoptar y producir la tecnología necesaria para el aprovechamiento integral de los recursos pesqueros tradicionales y no tradicionales.

El reflejo de esta realidad se puede reafirmar al indicar las bases que sustentan estos planteamientos:

— Las bases de cálculos para la explotación del krill, y
— Las bases de la tecnología nacional.

5.1. *Bases de Cálculos para la Explotación del Krill*

Actualmente, las investigaciones realizadas en Chile por el Instituto de Fomento Pesquero, IFOP, permiten indicar como válidas las siguientes bases de cálculos para proyectar una explotación del krill:

5.1.1. *Tecnología de Extracción*

Los rendimientos promedios de pesca con redes de arrastre pelágicas de diseño industrial, podrían ser cercanos a las 20 toneladas por hora de arrastre con un máximo de 40 toneladas por hora (Guzmán, O., IFOP, 1976);

5.1.2. *Temporada de Pesca*

La temporada de pesca de krill podría extenderse durante nueve meses, considerando el período comprendido entre septiembre y junio de cada año;

5.1.3. *Técnicas de Localización*

De acuerdo con la experiencia chilena, en general, la detección del krill por medios acústicos no presenta mayores dificultades;

5.1.4. *Evaluación del Recurso*

Guzmán y Ruiz (IFOP, 1975) han estimado, preliminarmente, que en las áreas de interés nacional existe una biomasa de krill del orden de cinco millones de toneladas, lo que permite inferir que las estimaciones dadas para el krill son válidas y se puede concluir que este recurso potencial es de gran magnitud: 100 a 200 millones de toneladas con una biomasa total de 1.000 a 5.000 millones de toneladas y, con seguridad, se podrían pescar 50 millones de toneladas o más;

5.1.5. *Aprovechamiento Industrial*

Las tecnologías desarrolladas de procesamiento permiten aprovechar integralmente el krill a través de varios tipos de productos alimenticios e industriales;

5.1.6. *Mercado de Productos de Krill*

Los productos alimenticios de consumo humano, de acuerdo con su valor nutritivo y especificaciones de sabor, textura y olor, pueden ser aceptados con agrado en cualquier mercado, especialmente si el pre-

cio de venta es competitivo. Cabe señalar, que es particularmente interesante el contenido de trazos de minerales, vitaminas y de aminoácidos esenciales de la proteína componente del krill; lo que permite destacar que el krill es una excelente materia prima para la elaboración de alimentos bastante bien compensados. En cuanto a los productos de consumo animal, como la harina, ésta no tendría mayores problemas tecnológicos de elaboración ni de aceptación en los mercados internacionales, siempre que el precio sea competitivo. Finalmente, en relación con los productos químicos obtenidos a partir de desechos de krill, carotenoides y quitina-quitosano, cabe indicar que estos compuestos tienen un amplio mercado internacional con precios bastante atractivos.

5.2. *Bases de la Tecnología Nacional*

Frente al interés del Gobierno de incentivar las actividades marítimas y pesqueras, en Chile existe tecnología disponible y en oferta, en función de los resultados generales y específicos logrados por programa de investigaciones del krill, desarrollado desde 1974 a la fecha, que incluye tres expediciones a las zonas de pesca y una serie de pruebas a nivel de laboratorio, planta piloto y semiindustrial.

5.2.1 *Area de Producción Pesquera*

- Dimensionamiento de flota;
- Ingeniería de captura y diseño de artes de pesca;
- Cálculo del tipo, tamaño y diseño de buques;
- Administración de operaciones pesqueras.

5.2.2 *Area de Producción Industrial*

- Aplicación de procesos para el aprovechamiento del krill;
- Obtención de productos a base de krill: colas peladas, pastas y harinas;
- Elaboración de alimentos a base de colas y pastas: apanados y productos nutricionales de venta comercial e institucional;
- Aprovechamiento de desechos y obtención de productos químicos: carotenoides, quitina-quitosano.

5.2.3 *Area de Mercado*

- Información de mercado;
- Aceptabilidad de productos.

5.3 *Planteamientos Finales*

Considerando que el desarrollo pesquero debe basarse en la iniciativa y el esfuerzo nacional, es conveniente examinar las distintas alternativas que permitirían establecer industrias pesqueras dedicadas a la explotación del krill. Una alternativa válida, que debe analizarse es el fomento de empresas conjuntas, privadas o públicas, nacionales o internacionales, para lograr concretar proyectos específicos relacionados con el desarrollo de esta pesquería.

En esta perspectiva se facilitará la admisión de capitales al sector, con el objeto de aprovechar la tecnología desarrollada a la fecha, compartiendo los riesgos y los beneficios de una industria que podrá explotar un recurso natural abundante y tener acceso asegurado a los mercados de exportación.

Esta es una posibilidad que adquiere mayor importancia cuando se dispone de los recursos técnicos necesarios y se tiene conciencia de la soberanía sobre los recursos naturales, pero se es deficitario en los recursos financieros. El poder de negociación, no obstante, será en consecuencia mucho más favorable especialmente cuando existen los procedimientos estables para el inversionista extranjero o se aplican políticas coherentes para lograr acuerdos bilaterales o de cooperación internacional.

Finalmente, cabe señalar que sólo será posible aprovechar racionalmente las grandes reservas de krill, en la medida que se definan ciertos aspectos jurídicos, técnicos y económicos, con el objeto que todos comprendamos que la explotación del krill es una obligación del presente para garantizar nuestro propio futuro.

THE DEVELOPMENT OF LIVING RESOURCES OF ANTARCTIC: KRILL

R. B. Thomson
Antarctic Division, Department of Scientific and Industrial Research. Christchurch. New Zealand.

The massive circulation of ocean waters around the Antarctic continent is subjected to the cooling effects of melting ice causing upper layers to sink and the warmer water from considerable depths to rise in the form of upwelling on a gigantic scale. This rising water is especially rich in inorganic nutrients such as sulphate, magnesium, potassium, iron, manganese, nitrogen and phosphorus, plus traces of organic substances so essential for growth.

In sunlit areas of the ocean particularly as provided by the long summer in Antarctica, photosynthesis provides a very high rate of productivity for phytoplankton. Phytoplankton represents the first link in the primary food chain from inorganic to organic material. It is rich in protein and usually a substantial proportion of fatty material is present.

Krill feed almost exclusively on phytoplankton, hence their abundance, aided by the comparatively small losses from primary production to adulthood.

Krill is represented by some ninety species and the most numerous is the *Euphausia superba Dana* which in quantity is the most important member of the zooplankton found in Antarctic waters. This small crustacean with an average length of 5.5 cm has two antennae, five pairs of hairy legs for swimming and for use as food strainers, and is red-orange on top and bright green underneath. It has seven pairs of light organs along its body which glows when alarmed.

Spawning, which starts in late November and continues throughout the austral summer is concentrated in waters near the Antarctic convergence at around 50-55 degrees south. Following copulation the male swims off to die and the female having passed her ripened eggs into her fertilized pouch now sheds more than 11,000 eggs which sink to depths of up to 2,000 metres where they drift south with the bottom current towards the Antarctic continent. In spring of the following year the young rise to within 50 metres of the surface and soon start to drift northwards where they reach maturity at the age of two prior to spawning and dying.

The krill travel north and south between the Antarctic conver-

gence and the Antarctic continent in giant shoals or swarms up to 1 km long and several hundred metres wide. These concentrations have a density of about 15 kg per cubic metre; thus, the largest swarms contain about one hundred thousand tons of krill.

Whales have fed almost exclusively on krill for centuries thus the amount of krill has possibly been contained at a similar level during this time. In recent years, man's harvesting of whales which has led to a vast decrease in their numbers suggests that the population of krill must now be increasing very rapidly. Estimates of the standing stock of Antarctic krill are in the order of eight hundred to five thousand million tons providing a potential annual yield of at least one hundred million tons, nearly twice the present total annual world catch of aquatic resources. It could well be of benefit to the ecological balance of the Southern Ocean if the krill population could be controlled by a new factor such as harvesting as food for man. When one considers the exceptional growth rate and size of whales it seems obvious that krill are an impressive source of food for whales. So, why not for man?

The commercial utilization of krill was first studied by New Zealand scientists in 1968. A sample "catch" of 600 lb was collected at a position 136°59' W, 66°58' S using a 10 foot Isaacs Kidd midwater trawl for four minutes at about three knots. The most striking impression of the sample, even when frozen at minus 30°C was the intense odour of seafresh crustaceans, such as crabs, shrimps and the mustard of crayfish. An analysis of the krill material showed: — moisture 77.8%, crude protein 15.5% and fat 4.9%. The ratio of soluble protein nitrogen to total protein nitrogen was 52.6%. Later work was carried out to determine the aminoacid composition of the soluble protein fraction. This was found to be high in essential aminoacids (such as arginine, lysine, lincine and phenylalanine).

Work was concentrated on utilizing the krill material as a flavouring agent in sea foods to enhance the palatability of fish lacking a characteristic or attractive flavour. The products successfully developed included a canned puree, an essence, and a freeze dried powder. These were found well suited for home cooking and in industrial preparations of fish products.

The Soviets have since marketed krill-butter, krill creese spreads, and a krill paste at about one dollar per pound. They claim medicinal properties for this paste, reporting a 60% increase in the number of stomach ulcer patients who were cured by therapeutic rather than surgical means after being fed the paste.

New Zealand, Soviet and Japanese scientists report amazing results when krill have been fed to fish or animals. Krill were fed to trout in a New Zealand hatchery and these grew twice as big in half the normal time with a much more palatable (fishy) taste.

The catching of krill does pose some problems. Although they exist in giant swarms within 50 metres of the surface, detection from any distance is difficult. Krill respond positively to red light sources and to a changing gradient of voltage applied to a homogeneous electric field. Hydroacoustical equipment has been used to locate krill but this has not proved fully reliable as it is difficult to differentiate between krill, jellyfish and anchovy from the soundings. A more reliable detection method will need to be developed prior to assessing the feasibility of commercial operations.

Good catches have been obtained using a variety of trawis and some experimentation has been done using suction methods. An important factor is that krill seem to remain unperturbed by nets and other gear and to not even attempt to escape the mesh.

Once on board, however, a new problem arises. Processing the catch (freezing or cooking) must be completed within two hours otherwise autolysis (self digestion) will set in.

During the 1975/76 austral summer two other nations became actively involved in the study of krill. Two ships from the University of Kiel, financed by the Government of the Federal Republic of Germany, carried out a survey to investigate the feasibility of developing a krill fishing industry in the Southern Ocean. The plan required the ships to operate in the Atlantic sector of the Antarctic (between 68º W and 30º E) from November 1975 to mid May 1976. They were equipped with high power acoustic instruments for the detection of krill. Pelagic trawls were adapted and used for exploratory fishing on a semi-commercial basis for establishing realistic catch rates.

Quantitative scientific catches of krill were made to study the distribution, density and biological parameters as a basis for an improved estimation of these resources and their potential for optimal long-term utilization. Landed krill were used for investigation on the development of krill products, in particular krill protein concentrate for human consumption, deep frozen krill meat and krill meal for animal feeding.

Two Polish ships operated in the Atlantic sector of the Antarctic and in Drake Passage from December 1975 through March 1976. The research programme plan covered the determination of regions where

krill is to be found, investigation of all its aspects and elaboration of methods of its exploitation.

Without doubt the most important factor to be considered in establishing a krill fishing industry is the development of an effective management plan which will permit the wise use of this valuable resource. We are well aware of the disastrous mistakes made by the whaling industry and the exploitation of other resources resulting in the rapid depletion of a species which now has only a marginal chance of survival.

Considerable research must be undertaken of krill and the possible effects of its exploitation studied fully before consideration should be given to drawing up a management plan that may permit controlled harvesting of this valuable food for consumption by man.

EXPLOTACION Y CONSERVACION DE MAMIFEROS MARINOS EN LA ANTARTICA

Daniel Torres N.
Profesor del Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile

"Let me give one example of a problem in the ecology of seals. The world catch of commercial fish has increased dramatically; in the decade 1961-1970 it rose from 41 to 69 million tons. We may be pushing near the limits of the fish resource and, if so, we have an apparent reason for killing all seals that feed on fish. But first it will have to be shown that, with fewer seals, there would be more fish, and I don't believe that anyone has demonstrated this outside the simplest aquatic model. When we take seals from the ocean, what sort of holes are left?".

(Scheffer, V. B. 1975. Seals and People. Rapp. P. V. Réun Cons. int. Explor. Mer. 169 : 9-11) .

"The bowhead whale and the right whales are monuments to man's thoughtlessness in the days of sail. The blue whales and humpback —and possibly the finback and sei as well— are monuments to an industry's lack of foresight in the days of steam. The whaling nations today face a third and almost certainly a final decision. If essentially unrestricted whaling continues, the only surviving stock of any economic importance —the sperm whale, of whose numbers more than 250.000 have been killed in the past 12 years— is doomed to become a monument to international folly".

(Mc Vay, S. 1966. The last of the great whales. Sci Amer. *215* (2) : 13-21) .

Introducción

En las costas del cono sur de Sudamérica así como en las costas de otros continentes habitados por el hombre, las primitivas poblaciones humanas utilizaron los recursos del mar para satisfacer sus necesidades básicas de sustento y abrigo. Entre estos recursos, los mamíferos marinos constituyeron una importante fuente de proteínas, aceite y pieles.

Dentro de aquel marco, esos hombres constituían una población natural más —como los Qawashqar en el extremo sur de Chile—, donde contribuían en parte a regular las poblaciones de algunos mamíferos marinos, como los lobos de uno y dos pelos y, en algunos casos,

actuaban como "policías sanitarios" al utilizar los cetáceos varados que les proporcionaban un abundante alimento, grasa y huesos, con los que fabricaban utensilios y artes de pesca.

Muy distante de ese ambiente natural en equilibrio dinámico, el hombre europeo y aquel que ya colonizaba América del Norte, sabía de los beneficios económicos que percibía comercializando las pieles de animales silvestres. Esta actividad tomó un auge extraordinario, hecho que llevó al borde de la extinción a muchas especies, entre ellas a los lobos marinos de piel fina. Su búsqueda, entre otras razones, llevó al hombre blanco a aventurarse hacia otras latitudes, como ocurrió cuando loberos europeos y norteamericanos llegaron a nuestras costas, donde hallaron enormes manadas de lobos marinos y poblaciones humanas en estado natural. La intervención del hombre blanco fue fatal, tanto para la fauna como para el "hombre silvestre". La explotación irracional casi exterminó a los primeros y la transculturización condenó a muerte a los segundos: el equilibrio se había roto.

La merma considerable de los lobos marinos instó a los cazadores a la búsqueda de nuevos lugares donde continuar su actividad. Esto permitió al hombre descubrir las islas preantárticas y el Continente Antártico mismo. Las tierras recién descubiertas fueron el escenario de las más encarnizadas cacerías de lobos marinos y focas, entre el siglo XVIII y XIX, y en sus aguas se presenció la implacable caza de cetáceos, especialmente durante el siglo XIX, actividad que fue decayendo hasta lo que es actualmente: una costosa búsqueda de los remanentes de aquellos antiguos stocks de cetáceos que se creyeron inagotables.

Hoy las naciones se unen para estudiar y proteger no sólo los mamíferos marinos antárticos, sino que también todos los recursos vivos y el medio que caracteriza ese continente.

Sin embargo, el conocimiento del hombre avanza y junto con ello sus necesidades, máxime cuando el aumento de su población requiere nuevos y mayores recursos proteínicos y de nuevas fuentes de energía. Entonces su interés y preocupación se centra en "el frigidaire de la humanidad" con la esperanza de resolver, en parte, esas necesidades.

La tarea que enfrentamos es difícil y la responsabilidad para con las generaciones futuras es enorme.

Deseamos que la empresa en la que nos hemos comprometido, al propender hacia el desarrollo del Continente Antártico, tenga pleno éxito para lograr un manejo racional y adecuado de todos los recursos vivos y de su medio.

2. Explotación de los mamíferos marinos

Al referirnos a las actividades de explotación de los mamíferos marinos debemos considerar las siguientes etapas cronológicas:

a. La explotación pasada, caracterizada por una extracción devastadora.

b. La explotación presente, caracterizada por una reglamentación que pretende ejercer un control adecuado en las capturas.

c. La explotación futura, aquella que se pretende realizar sobre la sólida base de los conocimientos científicos, lo que permitirá obtener un rendimiento sostenido, sin dañar las poblaciones sometidas a manejo.

Para una mejor comprensión de cada uno de los puntos señalados, nos referimos en primer lugar a los Pinípedos (lobos marinos y focas) y luego a los cetáceos (ballena de barbas y ballena de dientes).

I. PINIPEDOS

a. *La explotación pasada*

Desde el primer descubrimiento de una lobería en el Hemisferio Sur, en forma inevitable, siguió a su explotación el exterminio de los animales (Aguayo *et al.* 1971). No se sabe con certeza en qué lugar del Hemisferio comenzaron las capturas, sin embargo, Bonner y Laws (1964) citan los registros de Boyson (1924), que señalan que en 1766 un cargamento de pieles fue enviado desde las Islas Falkland (Malvinas) a Francia y que probablemente los pinípedos de la costa del Pacífico en Sudamérica fueron explotados en esa época[1].

Cualquiera haya sido el lugar, la actividad se incrementó en 1784 y como consecuencia de ello, millones de lobos finos fueron sacrificados para obtener exclusivamente la piel, de tal modo que, alrededor del año 1800 estos animales prácticamente se extinguieron en las Malvinas. Cabe señalar que la especie explotada, de acuerdo al conocimiento actual de la distribución de los lobos finos, probablemente era *Arctocephalus australis*[2].

[1] Aguayo *et al.* (1971) citan los datos proporcionados por King (1954), quien señala que entre 1687-90, el Capitán Davies deja hombres salando pieles en la Isla Más a Tierra (Isla Róbinson Crusoe) del Archipiélago de Juan Fernández.

[2] Es interesante recordar que esta especie se hallaba distribuida a lo largo de la costa del Pacífico, desde el Perú hasta las Islas Diego Ramírez, al Sur de

Exterminados los lobos finos en las Malvinas, la cacería fue dirigida hacia otras islas, especialmente en las Georgia del Sur. Según Laws (1960), la industria lobera comenzó poco después que Cook redescubrió esas islas en 1775. Fueron los informes de Cook sobre la abundancia de focas y ballenas los que desencadenaron la ola de aventuras tras la caza de mamíferos marinos, a partir del año 1791, cuando salió de los puertos ingleses y de Nueva Inglaterra (Estados Unidos de Norteamérica) un ejército de loberos y balleneros (Aguayo y Maturana, 1972).

La presión extractiva fue de tal magnitud, que en el año 1800 en esas islas se encontraba la tripulación de treinta y un buques loberos, uno de los cuales obtuvo 57.000 pieles. Se ha estimado que hasta el año 1822 se habían extraído 1.250.000 pieles de Georgia del Sur (King, 1964). Estos datos son semejantes a los proporcionados por Laws (1973), cuando cita a Weddell (1825), quien calculaba que para el año 1822 la extracción fue de por lo menos 1.200.000 pieles, lo que significaba la virtual extinción de la especie. Sin embargo, la actividad lobera continuaba, ya que en 1830, según Bonner (1958b), el buque "Elizabeth Jane" había obtenido 600 pieles, cantidad exigua comparada con los miles de pieles que un solo buque cargaba en años anteriores. Esto significaba que el negocio de las pieles en esas islas comenzaba a declinar, de tal modo que la actividad disminuyó notablemente, permitiendo que la población de lobos finos tuviese una parcial recuperación, hecho que se evidenció en 1870. Según Bonner (op. cit.), en ese año el buque "Flying Fish" obtuvo 500 pieles, con lo que la población fue prácticamente exterminada. Así, en el año 1906, según Bonner, o en 1914, según Laws (1973), en Georgia del Sur se obtuvo el último cargamento de 170 pieles.

La especie de lobo fino explotada en Georgia del Sur era *Arctocephalus gazella,* la misma que sufriría la acción del hombre en otras islas de las aguas antárticas.

El descubrimiento de las Shetland del Sur por el Capitán William Smith en 1819, abrió nuevas perspectivas para la caza indiscriminada de otáridos que venían realizando en las costas de América del

---

Chile, siguiendo luego la costa del Atlántico Sur, hasta Río de Janeiro, incluyendo las islas que enfrentan a esas costas (Isla de Los Estados, Malvinas, etc.). La sub-especie *A. a. galapagoensis* es propia de las Galápagos. En Chile, actualmente, se halla *A. australis* desde Chiloé al sur.

Sur, Islas Malvinas y Georgia del Sur, los loberos norteamericanos e ingleses durante el siglo pasado (Aguayo *et. al.* en prensa).

De acuerdo con la información proporcionada por Cabrera y Yepes (1940), ya en 1919 los loberos de un solo buque habían capturado 50.000 animales, y en el verano de 1821 a 1822 se cazaron 320.000 animales. Esta última información difiere un poco de la que entrega Laws (1973) cuando señala que en esa temporada, por lo menos 47 buques americanos y británicos obtuvieron 250.000 pieles y varios cientos de animales fueron muertos y se perdieron.

Bonner y Laws (1964), citan textualmente a Webster (1834), que visitó las Shetland del Sur en 1829, en una de cuyas frases señala que ellos no vieron ni un solo lobo fino durante su visita al grupo de las Shetland del Sur, cuando pocos años antes, incalculables multitudes cubrían las playas.

La cacería incontrolada no sólo tuvo como escenario las más importantes islas del Arco de Escocia, sino que también se realizó en casi todas las islas que rodean el Continente Antártico.

Presentar mayores detalles del cuasiexterminio de las poblaciones de lobos finos en las islas subantárticas, no es el objeto de este trabajo, ya que sólo pretende dar una visión general del problema; sin embargo, para mayores detalles, se pueden consultar los trabajos de Bonner (1958a, 1958b, 1964 y 1968) y de Bonner y Laws (1964).

Con respecto a la cacería de focas, creemos que es pertinente señalar, en breves líneas, algunos datos.

La notable disminución de las poblaciones de lobos finos fue la causa primordial por la que los loberos comenzaron a dar caza al elefante marino, *Mirounga leonina*, con el propósito fundamental de obtener aceite. La explotación de esas focas se hizo con el mismo criterio. con el que se cazó lobos finos (King, 1964), de tal modo que a fines del siglo XIX su explotación ya no era lucrativa.

Según Laws (1960), el stock de elefantes marinos en Georgia del Sur había disminuido tanto, que después de 1865 pocos buques visitaban la isla y ya en 1880 resultaba antieconómico cazarlos.

Eventualmente, a fines del siglo XIX, Georgia del Sur era visitada sólo por balleneros estadounidenses, que esperaban obtener aceite de foca elefante, como parte de la carga, y tal vez algunas pocas pieles (Bonner, 1958b).

Con relación a otras especies de focas antárticas, podemos señalar que la caza de focas de Weddell (*Leptonychotes weddelli*) y de focas leopardo (*Hydrurga leptonyx*) era esporádica y no contribuía a incrementar en gran medida la cantidad de aceite obtenido de la

explotación de la foca elefante. Algunos balleneros cazaban cada año algunos pocos leopardos marinos, especialmente por su piel, pero en muchos casos la preparación de la piel resultaba muy problemática para el cazador, por lo que el sacrificio de los animales resultaba en vano (Bonner, op. cit.).

En resumen, la actividad lobera y foquera estaba destinada exclusivamente a la obtención de pieles y a la obtención de aceite, respectivamente, sin utilizar los restos de los animales.

El gobierno británico, para evitar que se continuara con una matanza indiscriminada, dictó algunas ordenanzas (ver medidas de protección), las que culminaron con la división de la costa de Georgia del Sur dejando sectores abiertos a la caza y otros vedados. Fue la Compañía Argentina de Pesca —primera compañía ballenera establecida en Georgia del Sur—, la que fue autorizada para cazar focas (Bonner, 1958). Cabe destacar que, a partir de 1952, el Dr. Richard M. Laws inició el estudio de los elefantes marinos en Georgia del Sur, cuyos resultados sirvieron de base para tomar medidas de conservación.

La explotación de la foca elefante en Georgia del Sur cesó en 1964, siendo así la especie que tuvo que soportar una explotación desmedida y luego una explotación regulada, hasta su protección total.

b. *La explotación actual*

Aunque resulte inapropiado utilizar el vocablo explotación, dada las actuales medidas de protección que favorece a los pinípedos en aguas antárticas y subantárticas, preferimos utilizar el término debido a que, de una u otra forma existe remoción de animales, ya sea con propósitos científicos o con propósitos de hacer evaluaciones de una posible explotación a gran escala. Los datos que entregamos a continuación respaldan esta opinión.

Como se verá más adelante, cada nación posee reglamentos y leyes que protegen sus recursos naturales renovables, como también existen disposiciones internacionales que protegen los recursos vivos de la Antártica, como patrimonio de la humanidad. Sin embargo, existe un cierto número de remociones que pueden justificarse y otras que deberían suspenderse, como lo señalaremos en su oportunidad.

Las medidas de protección puestas en práctica por las Naciones Signatarias del Tratado Antártico han permitido que las poblaciones de pinípedos se encuentren en proceso de recuperación. Sin embargo, con propósitos científicos. Pero algunos animales son sacrificados

especialmente para dar alimento a la población canina que poseen algunas bases antárticas.

Pensamos que este tipo de remociones deberá ir disminuyendo, debido al empleo de modernos equipos de exploración que reemplazan eficientemente a las traíllas de perros de trineo.

Hasta el presente, según los datos a nuestro alcance, sólo se ha realizado una expedición para efectuar una caza experimental de focas antárticas. Esta actividad estuvo respaldada por Noruega. En julio de 1964 el M/S "POLARHAV" de 658 toneladas, fue equipado por las firmas G. C. Rieber & Co. A/S, Bergen, y Martín Karlsen A/S, Brandal, Alesund y enviado al Atlántico Sur para explorar las posibilidades de una futura explotación comercial de focas, por parte de Noruega en el pack-ice antártico. La expedición trabajó en la parte occidental del sector Atlántico, entre el 25 de agosto y el 31 de octubre, y cazó unas mil cien focas sobre hielos flotantes en el pack-ice (øritsland, 1965). Las especies capturadas y el número de cada especie se entregaron en un informe en el que, además, se señalan datos sobre densidad aproximada, sobre la base de la caza misma y de los vuelos de reconocimiento con helicópteros. La densidad alcanzaba entre 0,08 a 0,85 focas por milla náutica cuadrada en el pack-ice cerrado y abierto, con un promedio de 0,36. La abundancia relativa arrojó los siguientes resultados:

Foca cangrejera	84,7%
Foca leopardo	12,8%
Foca de Ross	1,7%
Otras especies	0,8%

El material biológico obtenido sirvió además para realizar estudios de la proporción sexual y la fecundidad de la foca cangrejera; obtención de algunos parámetros biológicos de la foca leopardo y de la foca de Ross, cuyos resultados fueron publicados por øritsland (1970), y registrados por Laws (1972).

Las capturas de focas realizadas en la zona del tratado se registran para ser publicadas por el SCAR (Scientific Committee on Antartic Research). Laws (op. cit.) y Laws y Christie (1976), en nombre del SCAR han publicado el número de animales capturados por zona y por años en las temporadas 1964-69 y 1970-73, respectivamente. Según estos antecedentes, las especies más capturadas corresponden a foca cangrejera (*Lobodon carcinophagus*) y foca de Weddell. Así, entre 1964 y 1969 se cazaron 2.372 animales, de los cuales 1.251 correspondieron a foca cangrejera y 893 a foca de Weddell. Entre

1970 y 1973, se cazaron 1.974 animales, de los cuales 1.003 correspondieron a foca de Weddell y 918 a foca cangrejera. En conjunto, foca cangrejera y de Weddell para 1964-69, significaron más del 90% y para 1970-73 significaron el 97% de la captura total.

Las cantidades de pinípedos removidos son bastante bajas si se considera que se ha estimado una captura anual permisible de 175.000 focas cangrejeras y 5.000 focas de Weddell, cuotas que hasta el momento no se han utilizado, no por falta de interés por parte de algunas naciones, sino que según el Grupo de Biología de Focas, en la XIV Reunión del SCAR (Mendoza, Rep. Argentina, octubre 1976) informó que aún no entre en vigencia la Convención sobre Caza Pelágica de Focas, pese a lo cual ya se encuentra en preparación el Manual de Procedimientos solicitado al SCAR por los países signatarios de esta Convención[3].

c. *La explotación futura*

Dentro de un futuro próximo, la caza de focas antárticas se ve como un hecho inminente. Para ese entonces, se espera poder contar con planes de manejo adecuados y avalados por sólidos antecedentes científicos, que permitirán un beneficio sostenido a lo largo del tiempo, sin que ello signifique un daño a las poblaciones sometidas a manejo.

Según lo establecido en la Convención para la Conservación de las Focas Antárticas, firmada en Londres en 1972, se han señalado las cifras de la captura permisible de sólo tres especies:

Foca cangrejera (*Lobodon carcinophagus*)	175.000 anual
Foca leopardo (*Hydrurga leptonyx*)	12.000 anual
Foca de Weddell (*Leptonychotes weddelli*)	5.000 anual

Estas cifras están sujetas a revisión, de acuerdo con los antecedentes que los trabajos científicos vayan aportando.

La futura cacería de focas se realizará por zonas, tomando para ello las zonas establecidas para la caza de cetáceos:

Zona 1: entre los 60° y 120° Longitud Oeste.
Zona 2: entre 0° y los 60° Longitud Oeste, junto con la parte del

[3] Hasta el momento, las siguientes naciones han ratificado la Convención sobre la Caza Pelágica de Focas: Estados Unidos de Norteamérica, Francia, Gran Bretaña, Noruega y Sudáfrica. Sin embargo, se sabe que otras naciones, dentro de breve tiempo más, también ratificarán esta Convención.

mar de Weddell situada al Oeste de los 60° Longitud Oeste.

Zona 3: entre 0° y los 70° Longitud Este.

Zona 4: entre los 70° y los 130° Longitud Este.

Zona 5: entre los 130° Longitud Este y los 170° Longitud Oeste.

Zona 6: entre los 120° y los 170° Longitud Oeste (Fig. 1).

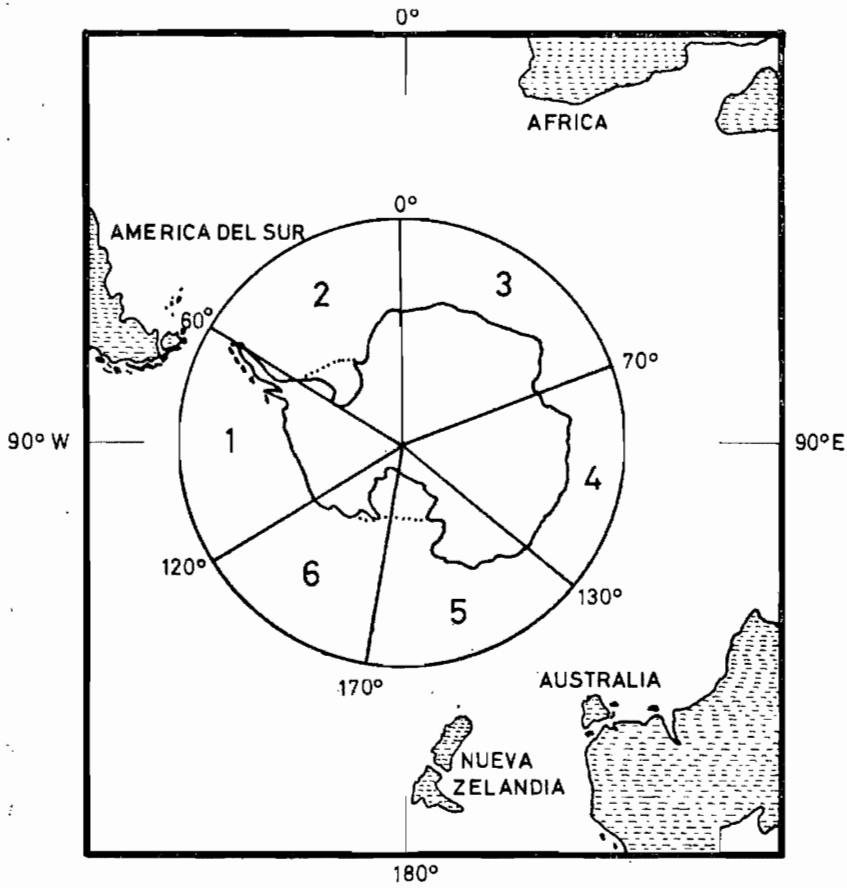


Fig. 1. Zonas para la captura de focas antárticas
(Tomada de Aguayo y Maturana, 1972)

Está prohibido capturar o matar focas de Ross (*Ommatophoca rossi*), elefantes marinos y lobo fino antártico (*Arctocephalus gazella*) en cualquier zona de la Antártica, y se prohíbe la caza de focas

en las áreas de cría o en los lugares donde se estén desarrollando labores de investigación de larga duración.

Una vez iniciada la caza o explotación industrial, las naciones comprometidas deberán enviar, en un plazo no inferior a una semana, el número de focas de cada especie que hayan sido sacrificadas.

Informaciones de este tipo y otras, se encuentran en el texto del Documento "Convención para la Conservación de Focas Antárticas", firmado en Londres el 11 de febrero de 1972.

3. ESTADO ACTUAL DE LAS POBLACIONES DE FOCAS ANTÁRTICAS

Según lo establecido en el documento (ACMRR/MM/SG/WG3) elaborado por el Grupo de Trabajo* sobre Pinípedos, durante el desarrollo de la Consulta Científica sobre Mamíferos Marinos, celebrada en Bergen, Noruega (31 de agosto-9 de septiembre de 1976), en términos de biomasa se estima que en el mundo habría 5,5 millones de toneladas, de las cuales 3,5 corresponderían a pinípedos ubicados en el Hemisferio Sur.

En cuanto a la población mundial, se estima en unos 30 millones de animales. La mitad, aproximadamente, correspondería a una sola especie: la foca cangrejera.

En forma resumida se entregan a continuación, algunos datos sobre el status de cada una de las especies de pinípedos presentes en la Antártica.

Foca elefante, Mirounga leonina

Para el período comprendido entre 1950-60, se estimó una cifra de 600.000 animales, considerando incluso el cono sur de Sudamérica[4]. En la actualidad la población probablemente se ha incrementado, debido a que la caza de este fócido se suspendió a partir de 1964 en Georgia del Sur. Se estima que los elefantes marinos

* Previo a la Consulta Científica, se formaron Grupos Especiales Ad Hoc I Ballenas, II. Pequeños cetáceos y sirénidos, III. Focas y Nutrias marinas, y IV. Problemas ecológicos y generales. Durante el desarrollo de la Consulta se organizaron diferentes Grupos de Trabajo, para abordar temas específicos.

[4] Cabe señalar que, además de las importantes colonias de elefantes marinos presentes en el litoral sur de la costa argentina, en la zona austral de Chile, Markham (1971), señala la presencia de este fócido, expresando que es posible que se reproduzca allí, especialmente al sur del Estrecho de Magallanes. Debemos mencionar que en el resto del país este animal ha desaparecido, incluyendo el Archipiélago de Juan Fernández, su "terra típica".

ofrecen un potencial futuro de 20.000 a 30.000 toneladas de biomasa al año, con un carácter sostenido (Grupo Ad Hoc, III, 1976). Los datos entregados por Aguayo y Torres (1967) señalan una población mínima de 23.000 a 25.000 animales para todo el archipiélago de las Shetland del Sur. Posteriormente, Aguayo y Maturana (1973) entregaron una cifra de 24.387 para el mismo archipiélago[5], y 24.448 para el área censada durante la temporada 1972-73.

Foca cangrejera, Lobodon carcinophagus

Los datos entregados por Aguayo y Torres (1968) para las islas Shetland del Sur, señalan una población mínima de 1.400 animales, y en total 2.400 a 2.600 para la temporada 1965-66 (Aguayo y Torres, 1967). Posteriormente, Erickson *et. al.* (1971), obtuvieron datos que les permitieron proyectar cifras sobre la población de esta especie en toda la Antártica para los años 1968 y 1969: 8.246.800 y 10.597.500, respectivamente.

El grupo Ad Hoc, III (julio 1976), expresa que la población de la foca cangrejera se estima, como mínimo, en 15 millones de animales, y que es probable que la población se acerque a los 30 millones, debido a que en los censos realizados hasta la fecha no se han registrado datos de los animales presentes en el agua, en las zonas libres de hielo, ni en aquellos hielos cercanos al continente.

El gran tamaño de la población alcanzada por esta foca se debería a la gran merma sufrida por las poblaciones de ballenas, hecho que dejó un superávit de krill, alimento básico de esta especie de foca.

Foca de Weddell, Leptonychotes weddelli

Las estimaciones del tamaño de la población de foca de Weddell, han sido poco satisfactorias, ya que la mayoría preceden de recuentos sobre los bancos de hielo, que no son el hábitat preferido de la especie. Se ha obtenido así una cifra mínima de 750.000. Probablemente esta cifra habría de aumentarse substancialmente si se dispusiera de datos sobre las regiones costeras (Grupo Ad Hoc, III, julio 1976). Al respecto, cabe indicar que Aguayo y Torres (1968) entregan como mínimo entre 1.900 a 2.100 animales para las Shetland del Sur, y como resultado del censo de Pinípedos realizado en la temporada 1965-66 se obtuvo una cifra total de 2.500 a 2.700

[5] Sin contar la Isla Smith y el Grupo de Islas Piloto Pardo (Elefante, Clarence, Cornwallis, Aspland, Gibbs, O'Brien, Eadie y Bridgeman).

animales como mínimo (Aguayo y Torres, 1967). Durante la temporada 1972-73, Aguayo y Maturana (1973) registraron 1.460 animales en las Shetland del Sur, y 1.875 durante toda la expedición.

Sobre la base de nuestra experiencia, señalamos que a esta especie se le encuentra en la banquisa, sobre la nieve y el hielo costero, tanto en las islas como en el Continente Antártico, llegando a ser la foca más austral en su distribución (Aguayo y Torres, 1975).

Foca leopardo, Hydrurga leptonyx

Se calcula que la población de focas leopardo de los bancos de hielo es, como mínimo, de 500.000 animales. Sin embargo, como esta especie es razonablemente abundante en zonas costeras libres de hielo y en las islas que rodean el continente, se cree que su número es substancialmente mayor que el observado en los bancos de hielo. Las poblaciones de foca leopardo están sin explotar, y se cree, por lo tanto, que se encuentran en el punto de abundancia máxima (Grupo Ad Hoc, III, julio 1976).

Durante el censo de la temporada 1965-66, Aguayo y Torres (1968) registraron 74 animales para las Shetland del Sur y un total de 163 animales en toda la expedición. Posteriormente, Aguayo y Maturana (1973) registraron 16 animales para las Shetland del Sur, exceptuando Isla Smith y las islas "Piloto Pardo". El total registrado en toda la expedición se eleva a 654 animales, hallándose el mayor número en la navegación y censo del Paso Antártico.

Foca de Ross, Ommatophoca rossi

De acuerdo con los antecedentes entregados por el Grupo Ad Hoc, III (julio 1976), Gilbert y Erickson (en prensa), estiman una población total de 200.000 animales. Dada la escasez normal y a los hábitos solitarios de esta especie, y considerando la zona en que normalmente operan las expediciones chilenas, el número de animales observados es ínfimo. Así, Aguayo y Maturana (1973) sólo registraron la presencia de 4 ejemplares durante la navegación y censo de Pinípedos realizado en el Paso Antártico, en la temporada 1972-73.

Lobo fino antártico, Arctocephalus gazella

Durante el primer censo de Pinípedos realizado en las islas Shetland del Sur en la temporada 1965-66, Aguayo y Torres (1967, 1968) registraron 500 ejemplares. Posteriormente Aguayo y Maturana

(1973) contabilizaron 4.082 animales, uno de ellos observado en los islotes Tupinier, Península Antártica. Aguayo *et al.* (en prensa), señalan más de 6.600 animales para las Shetland del Sur, incluyendo 300 animales registrados en los islotes Lajarte, costa norte de isla Anvers.

Bonner (1976), en su trabajo sobre el status de esta especie, expresa que el stock de Georgia del Sur probablemente ha contribuido a repoblar las demás islas del Arco de Escocia, y que una importante población, tal vez alrededor de 500.000 animales, podrían desarrollarse en las Shetland del Sur, y acepta la cifra de 200.000 animales estimada por Laws (1973) para Georgia del Sur.

Considerando las cantidades ya especificadas y las cifras proporcionadas por el Grupo Ad Hoc, III (julio 1976), para otras islas (Bouvetøya, Orcadas y Sandwich del Sur, con 1.000 animales para cada isla, y 3.000 para isla Heard), estimamos que la población total de este otárido se puede considerar como mínimo en 212.600 animales.

El incremento de la población se debe en parte a la protección de que es objeto, pero también se debe a un factor básico, cual es la mayor disponibilidad de krill (King, 1964; Bonner, 1968, 1976; Aguayo *et. al.*, en prensa), ítem fundamental de su alimentación.

El siguiente cuadro, tomado del documento ACMRR/MM/SC/4 Add. 3, elaborado por el Grupo Ad Hoc, III (septiembre 1976), resume en forma aproximada el tamaño de la población y la biomasa de cada una de las especies de pinípedos presentes en la Antártica.

Especie	*Tamaño de la Población x 10³*	*Peso promedio en kilos*	*Biomasa de la Población x 10³ Ton.*
Foca elefante	600	500	300
Foca leopardo	220	272	60
Foca de Weddell	730	246	180
Foca cangrejera	14.858	193	2.868
Foca de Ross	220	173	38
Lobo fino antártico	200	50	10

4. Medidas de Protección y Conservación de Pinípedos

Las medidas de protección y conservación aplicadas a los pinípedos antárticos a lo largo del tiempo, muestran una variada gama de realizaciones, tanto nacionales como internacionales, que van desde

la aplicación de reglamentos, designación de zonas protegidas, desarrollo de programas de investigación y educación, hasta aquellas actividades que se refieren al uso no consumptivo y a la búsqueda de sucedáneos de los productos obtenidos de estos animales. Sobre estas realizaciones consideramos importante entregar algunos datos, ya sea referidos a una especie o a varias.

De los pinípedos antárticos, según los antecedentes a nuestro alcance, los elefantes marinos fueron los primeros en ser considerados con medidas de protección y conservación, a fines del siglo XIX. Así, en 1899 el gobierno inglés estableció un Reglamento para la caza de Pinípedos (Seal Fisheries Ordinance), que fue el primer paso para que la industria tuviera una base racional. Este reglamento fue modificado por nuevos reglamentos en 1904, 1909 y 1921 (Laws, 1960). Como resultado de estas medidas, la costa de Georgia del Sur fue dividida en cuatro zonas, una de las cuales permanecía en veda en forma rotativa. Además se establecieron algunas reservas en las islas vecinas y en algunos puntos precisos de Georgia del Sur, donde se prohibía capturar animales.

A partir del año 1952 se sometía a revisión el sistema que regulaba la explotación de elefantes marinos en Georgia del Sur, limitando la temporada de caza a los meses de octubre y noviembre, fijando un cupo de 6.000 machos adultos de más de 3,5 m. La base científica de los planes de manejo de esas poblaciones, la proporcionaron los trabajos de Laws iniciados en 1948. La industrialización de estos animales en manos de la Compañía Argentina de Pesca, cesó a partir de 1964.

Con respecto al lobo fino antártico, desde 1916 sus poblaciones han sido protegidas en Georgia del Sur, permitiéndose la captura de un limitado número de animales, con fines científicos (Laws, 1973). En ese mismo año también se prohibió la captura de focas de Weddell. Ambas especies, con el transcurso del tiempo, tendrían tratos diferentes. En efecto, los primeros están totalmente protegidos, y las segundas, según la Convención para la Conservación de Focas Antárticas, pueden ser capturadas hasta una cifra máxima de 5.000 animales.

Según el Grupo Ad Hoc III (julio 1976), en Georgia del Sur y en las Sandwich del Sur, los animales están protegidos por la Ordenanza de Conservación de las Dependencias[6] de las Islas Mal-

[6] Aguayo y Torres (1967), expresan: "A este respecto cabe aclarar el concepto de "Falkland Islands Dependencies" y "Territorio Antártico Chileno". El primero correspondería al territorio Subantártico y Antártico, reclamado por In-

vinas. Noruega, por su parte, prohíbe la captura de lobos en Bouvetøya, y Francia hace lo propio en las Islas Kerguelen. Chile protege ésta y otras especies de lobo fino en todo el territorio de la República, mediante el Decreto Nº 40, del 22 de febrero de 1972[7].

Las medidas legislativas chilenas sobre protección de mamíferos marinos comenzaron cuando el 17 de agosto de 1892 se dictó en Santiago una Ordenanza que reglamentaba la caza de focas, lobos marinos, nutrias y chungungos en las costas, islas y mares territoriales de Chile (Aguayo y Maturana, 1972). Posteriormente, con la Ley Nº 4601, de noviembre de 1929, Chile establece la veda para los lobos finos. Esta ley de Caza y su Reglamento sufrieron modificaciones durante el transcurso de los años, hasta que en 1950 se decretó la veda indefinida para los lobos marinos de dos pelos. Posteriormente, en el año 1970, considerando los vacíos de la legislación de caza y los conocimientos adquiridos durante los últimos años, se reglamentó la caza de todos los pinípedos (focas y lobos marinos), desde Arica hasta la Antártida, con una veda indefinida, exceptuando una autorización especial de la División de Pesca y Caza del Ministerio de Agricultura (Aguayo *et al.*, 1971). Esta reglamentación fue mejorada, para dar paso al Decreto Nº 40 ya mencionado.

El documento jurídico de carácter internacional que protege los pinípedos antárticos, es la Convención para la Conservación de Focas Antárticas, firmado en Londres, el 11 de febrero de 1972,

---

glaterra, es decir, desde el meridiano 20° longitud Oeste al meridiano 80° longitud Oeste de Greenwich; comprendería, por lo tanto, las Islas Sandwich, Orcadas, Georgia y Shetland del Sur, las Islas Falkland o Malvinas y toda la Península Antártica. El segundo corresponde a todo el sector antártico situado dentro de los meridianos 53° longitud Oeste y 90° longitud Oeste de Greenwich; quedando fuera del sector chileno las islas Falkland o Malvinas, Georgia, Orcadas y Sandwich del Sur".

[7] El Decreto Nº 40, fue modificado por el Decreto Supremo Nº 183, publicado en el Diario Oficial, el 10 de agosto de 1976, cuyos dos únicos puntos señalan textualmente:

1º Modifica Artículo 2º Ley de Caza Decreto Supremo 4.844, de 1929, modificado por el Decreto de Agricultura Nº 40, de 1972, en cuanto se levanta la veda indefinida a que se encuentra sometida la especie denominada lobo de mar de dos pelos o lobo fino y lobo de Juan Fernández.

2º Estas especies quedarán afectas sólo a la veda especial establecida en el Artículo 1º letra e del Reglamento Ley de Caza (que señala que sólo se podrá cazar con una autorización especial del Servicio Agrícola y Ganadero).

documento al que nos hemos referido parcialmente y de cuya gestación, Aguayo y Maturana (1972) entregan una detallada relación.

Otros documentos y acuerdos internacionales también han brindado protección a los mamíferos marinos en general. Al respecto, cabe citar el Acta de Protección de Mamíferos Marinos de 1972, documento legal promulgado por el Congreso de los Estados Unidos de Norteamérica, en octubre de 1972. Esta ley, reconociendo que los mamíferos marinos constituyen recursos naturales de gran importancia y significado internacional y considerando que es necesario darles protección y conservarlos para mantener la estabilidad de los ecosistemas marinos, pone en marcha nuevos criterios y procedimientos administrativos para el adecuado manejo de sus poblaciones. Como ejemplo de esto, establece una moratoria (a partir de la fecha de aprobación del Acta) para la captura e importación de mamíferos marinos y de sus productos.

Varias organizaciones internacionales se han preocupado, además, de la protección de los mamíferos del mar, apoyando proyectos de investigación, especialmente aquellos que están destinados a estudiar especies en peligro. La World Wildlife Fund (WWF) y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) son las más importantes. Ambas se han unido para poner en marcha actividades de protección, como la iniciada para los años 1977 y 1978: Los mares deben vivir.

Una acción de gran envergadura y de importancia mundial fue la organización y realización de la Consulta Científica sobre Conservación y la Regulación de la Explotación de los Mamíferos Marinos y su Medio, actividad apoyada por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Las actividades se desarrollaron en la ciudad de Bergen, Noruega, entre el 31 de agosto y el 9 de septiembre de 1976. Especialistas de todo el mundo se constituyeron en diferentes grupos de trabajo, con el objeto de poner al día el conocimiento actual sobre mamíferos marinos y proponer líneas de acción, para que las diversas naciones e instituciones interesadas puedan tomar decisiones para una mejor protección y conservación de estas importantes reservas naturales.

Los documentos finales de esta Consulta Científica, serán distribuidos por la FAO a todos los gobiernos, en un futuro cercano.

Resultaría muy extenso referirse a otras actividades relativas a la protección y conservación de los pinípedos antárticos; sin embargo, consideramos oportuno destacar, entre otras cosas, la designación de

zonas especialmente protegidas, tanto en las islas subantárticas, como en el continente mismo, atendiendo a que son lugares de reproducción y cría de algunas especies, cuya población está en vías de recuperación. Por ejemplo, se pueden citar lugares puntuales, como Península Byers y Cabo Shirref, Isla Livingstone, Shetland del Sur, por constituir lugares de reproducción de elefantes marinos y lobos finos, que como ya sabemos, constituyeron por sí solos la base de la explotación en siglos pasados.

También se han establecido grandes áreas de protección, como el área que rodea las Islas Orcadas del Sur, entre los 60°20' y 60°56'S. y los 44°05' y 46°25'W., el área sudoeste del Mar de Ross, al sur de los 76°S. y al oeste de los 170°E., y el área de la indentación de Edisto, al sur y oeste de una línea trazada entre Cabo Hallet, a 72°19'S., y 170°18'E. y Punta Helm, a 72°11'S., 170°00'E. (Apéndice de la Convención para la Conservación de Focas Antárticas, 1972).

De suma importancia para la protección y conservación de estos mamíferos son todas las actividades de investigación desarrolladas por varias naciones signatarias del Tratado Antártico. No es nuestro propósito enumerarlas por razones obvias, pero es un deber nuestro entregar una breve reseña de las actividades que Chile ha realizado en este sentido. Las principales acciones se han encaminado para conocer el estado de las poblaciones de pinípedos en las Islas Shetland del Sur y Península Antártica, mediante censos aéreos y náuticos, actividades desarrolladas en las temporadas de 1965-66, 1966-67, 1967-68, 1972-73 y 1976-77. Los resultados de estas actividades se han entregado en publicaciones (Aguayo, 1970; Aguayo y Torres, 1967, 1968, 1975; Aguayo *et al.*, en prensa) y en numerosos informes científicos.

Actualmente se desarrollan actividades destinadas a ubicar las principales zonas de reproducción del lobo fino antártico para elegir una de ellas y desarrollar un programa de estudios de su población. Por otra parte, de los animales que se sacrifican para alimentar la población canina de la Base Militar "General Bernardo O'Higgins", se están colectando las muestras biológicas para realizar estudios sobre la alimentación de focas antárticas.

Dentro de las actividades universitarias, la enseñanza de los logros obtenidos de la investigación sobre mamíferos marinos ocupa un lugar importante en los programas de estudio y se espera, en un futuro próximo, que en estas actividades participen estudiantes con actividades concretas, que los conduzca a la elaboración de su tesis de grado.

Con respecto al uso no consumptivo de los pinípedos antárticos, varias naciones han efectuado filmaciones de carácter científico y de divulgación. Otra actividad que se ha ido incrementando es la realización de giras turísticas, con la obtención de fotos, películas y el desarrollo de alguna actividad pictórica por parte de los turistas. Es interesante mencionar, además, que en ocasiones se capturan ejemplares para exhibirlos en museos. En primera instancia, esta actividad es netamente consumptiva, pero una vez ubicado en el museo, es una actividad educativa y no consumptiva por un largo período.

En la búsqueda de sustitutos de algunos productos de pinípedos, se ha logrado elaborar pieles sintéticas, productos que en algunas regiones han tenido éxito, pero que en el mercado mundial son poco cotizados.

5. RECOMENDACIONES PARA FUTURAS ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN

Una de las tantas labores desarrolladas por el Grupo de Trabajo 3: Pinípedos, fue entregar en términos generales las principales recomendaciones para las futuras investigaciones sobre fócidos y otáridos.

Según lo expresado por el Grupo de Trabajo 3 (septiembre 1976), existe una falta casi absoluta de datos cuantitativos acerca de las relaciones tróficas y energéticas de los pinípedos. Efectuar estudios sobre la alimentación de cada especie es importante para conocer, en parte la estructura del ecosistema antártico. Con estos antecedentes en el futuro se podrán prever los posibles efectos de la actividad de explotación, de una o más de sus componentes, sobre el resto de los integrantes de la comunidad. Los estudios sobre el flujo energético en el que participan los pinípedos, constituyen un prerrequisito para establecer modelos poblacionales y de los ecosistemas en que participan.

Las relaciones causales de parámetros reproductivos (en especial la fecundidad específica y la tasa de mortalidad) con el tamaño de la población y la disponibilidad de alimentos, son materias que necesitan de una investigación intensiva.

A juicio del Grupo Ad Hoc III (julio 1976), cuando se refiere a las focas cangrejeras, leopardo y de Ross, expresa que se deberá completar y ampliar el inventario básico de las poblaciones. Para esto sería necesario trabajar con rompehielos y helicópteros, durante tres o cuatro temporadas, actividad que debería repetirse a intervalos regulares cada cinco o diez años, con el objeto de eva-

luar las variaciones en el número de animales por especie y por zonas. Estas actividades deberán realizarse, especialmente, antes y después de la explotación de cualquier especie. Sobre este asunto, pensamos que la labor debería ser extensiva a todas las especies, tal como lo hemos realizado en las Shetland del Sur y Península Antártica.

Otra actividad importante sería realizar estudios sobre la base de un amplio programa de marcaje de animales, lo que permitiría obtener información sobre la estructura de la población, migraciones, biología de la reproducción, mortalidad, etc. Por razones ambientales y logísticas, este tipo de trabajos es de díficil realización en la Antártica. Sin embargo, se podrían efectuar estudios locales, como, por ejemplo, en las zonas o lugares de reproducción de lobos finos o de elefantes marinos, en algunas de las islas Shetland del Sur o de otras zonas. Importante sería considerar en programas de marcaje, las pequeñas poblaciones de elefantes marinos en el cono sur de Sudamérica, especialmente en la Zona de los Canales Magallánicos (Torres, 1976) para conocer posibles migraciones de ésta y de otras especies.

El registro completo de las recomendaciones sobre investigación, emanadas de la Consulta Científica, serán publicadas por FAO y enviadas a los diferentes gobiernos para su conocimiento.

II. CETACEOS

Corresponde, en seguida, entregar una breve visión de la explotación de los cetáceos, considerando las etapas mencionadas para los pinípedos.

a. *Explotación pasada*

El conocimiento sobre las primeras actividades balleneras realizadas en el mundo se le atribuyen a los vascos en el siglo XII, quienes se aventuraban a la caza de ballenas en pequeños botes, usando arpones manuales. Esta actividad, con el transcurso del tiempo, fue generalizándose hasta constituir una floreciente industria. Desde el siglo XVII al siglo XVIII los balleneros se dedicaron a cazar cetáceos de desplazamiento lento, como las ballenas francas (*Eubalaena*) y ballenas jorobadas (*Megaptera*), ya que sus embarcaciones no les permitían perseguir otros cetáceos más rápidos que aquéllos. La cacería de estos cetáceos se hizo tan intensa, hasta que llegó el momento en que las capturas comenzaron a disminuir notablemente, hecho que motivó a los cazadores a dirigirse desde las aguas del

ártico y del Hemisferio Norte en general, hacia las aguas subtropicales y tropicales en busca de cachalotes (*Physeter catodon*). Cabrera y Yepes (1940) informan que en la segunda mitad del siglo XVIII se cazaban muchos cachalotes frente a las costas de Brasil, en las Islas Malvinas, en las Islas Galápagos y entre la costa de Perú y Chile. El primer buque ballenero que cazó cachalotes en las costas chilenas fue el "Amelia", buque inglés que en la campaña de 1788 a 1790 obtuvo alrededor de 139 toneladas de esperma.

Según Aguayo y Maturana (1972), a partir del año 1791 se iniciaron las cacerías de mamíferos marinos, motivadas por los informes de Cook, sobre la abundancia de focas y ballenas a su regreso de Georgia del Sur. Los cetáceos fueron perseguidos de tal manera, que la industria ballenera se resintió notablemente alrededor de 1860. Sin embargo, todavía en 1877 las costas chilenas eran frecuentadas por los balleneros. Una de las especies que más daño sufrió en sus poblaciones fue la ballena franca (*Eubalaena australis*), cuya explotación se inició después de 1790, y los lugares de captura preferidos se ubicaban en la costa de Chile (Clark, 1965, en Aguayo, 1974). En 1840 estas ballenas eran muy escasas en nuestras costas. Por este mismo año, según Dalinger (1959), luego de conocida la existencia de un puerto abrigado en Isla Decepción, la caza de ballenas y focas concentró cerca de 400 buques en los mares australes.

Las actividades balleneras continuaron desarrollándose en aquellas latitudes, más aun cuando la tecnología impuso nuevos métodos de captura. A partir de 1867 la caza de cetáceos tuvo un vuelco extraordinario, cuando el noruego Svend Foyn inventó el arpón granada. Este notable adelanto permitió a los balleneros una mayor efectividad en la persecución de los cetáceos de desplazamiento rápido, como la ballena azul (*Balaenoptera musculus*).

Según Aguayo y Maturana (1972), en los años 1892-93 se concentraron los esfuerzos del hombre en el aprovechamiento de los grandes cetáceos, y en 1904 se inicia la era moderna de la caza de ballenas en aguas antárticas con los viajes del capitán noruego Carl A. Larsen. La Cía. Argentina de Pesca, S.A., creada por Larsen, inicia la captura de ballenas desde Georgia del Sur, donde se instaló la primera planta ballenera terrestre. Otras plantas balleneras se instalaron también en las Shetland y Orcadas del Sur.

Casi al comenzar el siglo XX, otro adelanto técnico se sumó a la eficiencia del arpón granada. En el año 1909 Otto Svedrup, comenzó a utilizar en otras latitudes los buques factorías, lo que per-

mitió cazar un mayor número de cetáceos y una mejor utilización de los animales. Este adelanto también se utilizaría, posteriormente, en aguas antárticas.

En 1905 el capitán noruego Adolfo Andersen se instala en Isla Decepción, Shetland del Sur, y en 1912 lo hace la compañía noruega Héctor Whaling Co., siendo la primera planta ballenera terrestre que operó continuamente hasta 1931.

La moderna caza pelágica de ballenas en la Antártica se inició en 1925, cuando el capitán noruego H. G. Nelson instaló la primera rampa de izamiento en la popa de su buque-factoría. Este adelanto tecnológico permitió aprovechar íntegramente las grandes ballenas, y no sólo el aceite y barbas, como ocurría hasta entonces, faenando los animales al costado de los buques (Aguayo y Maturana, 1972), permitiendo también operar en alta mar sin depender de una planta terrestre.

Con todos estos adelantos, la caza de cetáceos, además de ser efectiva, permitía capturar un mayor número de animales. En el verano de 1925 a 1926, por ejemplo, de 26.962 ballenas de todas las especies que se cazaron en el mundo, 13.997 correspondieron a la región antártica, es decir, más de la mitad (Cabrera y Yepes, 1940).

Según los antecedentes analizados por Potter (1969), alrededor de 1931 en la Antártica ya se hallaban operando 41 buques factoría con rampa de izamiento, los que contaban con 232 buques cazadores, de tal manera que la caza de ballenas se acentuó más aun. De 10.488 ballenas capturadas en la temporada 1924-1925, aumentaron a 40.201 cetáceos en la temporada 1930-31. Fue en esta década donde se llegó a obtener un promedio de 33.000 ballenas por año, de las cuales 15.000 eran ballenas azules.

La gran cantidad de cetáceos capturados en aguas antárticas y el enorme volumen de productos y subproductos que proporcionaban, les significaba grandes beneficios económicos a las industrias. Este hecho, entre otros motivos, pesó en la decisión de otras naciones balleneras para operar en aguas antárticas. Así, en 1934 la flota ballenera japonesa opera por primera vez en estas aguas, y en el año 1936 lo hacen los alemanes.

La concentración de esfuerzos de todo tipo que significó para las naciones comprometidas en el desarrollo de la II Guerra Mundial, dio lugar a una "moratoria" en la captura de cetáceos, especialmente en aguas antárticas. En 1946, apenas terminada esta conflagración, operan por primera vez en la Antártica las flotas balleneras de la Unión Soviética y de Holanda. (Aguayo y Maturana, *op. cit.*).

El despliegue de buques cazadores y de buques factorías en aguas antárticas dedicó su esfuerzo a la búsqueda y captura de los grandes cetáceos, en especial la ballena azul, cuyos ejemplares adultos medían hasta 32 metros y su peso aproximado era de 85 toneladas o más.

Según Mc Vay (1966), hasta la temporada de caza antártica 1950-51, se habían cazado alrededor de 7.000 ballenas azules en cada estación a contar de 1946-47. Durante 1951-52, sólo se habían capturado alrededor de 5.000 cetáceos de esta especie, para llegar a 2.000 en 1955-56 y luego a sólo 1.200 en 1958-59. Cinco temporadas más tarde, en la estación 1963-64 sólo 112 ejemplares fueron capturados, para descender a 20 en la temporada 1964-65. En la temporada 1965-66, a pesar de estar bajo protección, se capturó una ballena azul.

Cuando los balleneros comenzaron a percatarse de la escasez de ballenas azules, su esfuerzo se dedicó a la captura de la ballena que la seguía en tamaño: ballena fina o de aleta o rorcual común (*Balaenoptera physalus*). Pero, para incrementar las cuotas de captura, se comenzó a utilizar en aguas antárticas una unidad de control internacional, la "unidad de ballena azul" (UBA) o "blue whale unit" (BWU), que significaba:

1 ballena azul = 2 ballenas de aleta.

1 ballena azul = 6 ballenas sei o ballena boba o rorcual de Rudolphi (*Balaenoptera borealis*).

Los resultados de esta "medida" no se hicieron esperar, ya que en la temporada 1960-61, de acuerdo con Mc Vay (*op. cit.*), se registró el récord de capturas de ballenas de aleta: 27.374 animales. Así, en la temporada de 1963-64, el número de cetáceos capturados de esta especie bajó a 13.870, y en 1964-65 sólo se capturaron 7.308 ejemplares, para descender a menos de 2.700 en la temporada 1965-66.

El gráfico 1 ilustra la situación sobre la caza de ballena azul y ballena de aleta, desde 1930-31 a 1965-66.

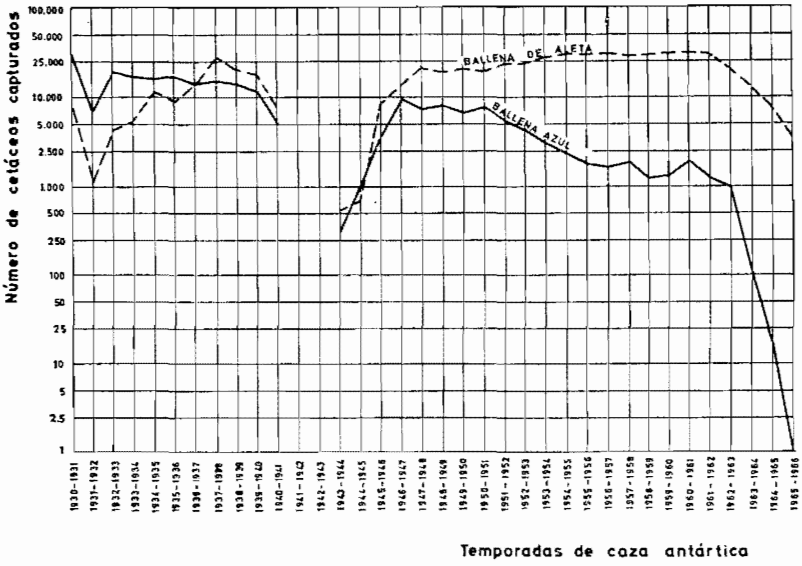
A juicio de Aguayo y Maturana (1972), algunas de las causas de esta situación serían:

1º *Adopción de la unidad de ballena azul*

Esta unidad de control adoptada por la Comisión Ballenera Internacional, no era una unidad real, ya que cuando se adoptó, no se

Gráfica 1

Número de ballenas azules y de aleta capturadas en aguas antárticas desde la temporada 1930-31 hasta la temporada 1965-66.
(Tomado de Mc. Vay, 1966)



conocía el rendimiento de las diferentes especies de ballenas. Esta situación fue dada a conocer en reiteradas oportunidades por el Comité Asesor de dicha Comisión, señalando, además, que se debían asignar cuotas de captura por especies. Recién, a partir de la temporada 1972-73 se abolió la UBA.

2º *Fijación de contingente*

En el Seno de la Comisión Ballenera Internacional se fijaba un contingente total de UBA para cada temporada, sin asignar un cupo o cuota por países. Esto permitió una gran competencia entre las naciones balleneras por maximizar sus capturas de UBA en la temporada y, para conseguirlo, comenzaron a construir buques factorías

más grandes que los ya utilizados y buques cazadores de gran potencia y maniobrabilidad. El criterio de asignar UBA por temporadas sólo se cambió cuando la Unión Soviética entró a competir en la caza de ballenas (1946), fijándose cuotas por países, asignándole una cuota mayor a las naciones más antiguas en la caza de ballenas en aguas antárticas.

3º *Inspección*

Los inspectores eran nacionales de los países armadores de buques fábricas, por lo que su eficacia en el control era dudosa. Cuando se adoptó el criterio de nombrar inspectores internacionales, en 1971, las poblaciones de ballenas habían disminuido en tal forma que algunas potencias balleneras se retiraron de la caza antártica, como ocurrió con Holanda e Inglaterra.

Esta desastrosa realidad obligó a que la industria ballenera volcara su atención, casi exclusiva, sobre los cachalotes, que son los que actualmente sostienen la industria junto con otras especies de pequeños cetáceos de barbas.

El gráfico 2 muestra las capturas de cachalotes y otros cetáceos, comparada con el número total de UBA entre las temporadas 1960-61 y 1965-66.

b. *Explotación presente*

Para la realización de las actividades de la caza pelágica de cetáceos, las aguas se han dividido en seis zonas o áreas, que para la Antártica se señalan en la figura 1. Para cada área se especifican cantidades límites de las especies a capturar, cifras que no deben ser excedidas. Por ejemplo y siguiendo las informaciones proporcionadas por la International Whaling Statistics (1976), en 1975, cuando se celebró la 27ª Reunión de la CBI (IWC), se establecieron las siguientes cuotas de capturas para la temporada 1975-76:

220 ballenas fin para las aguas al sur de los 40ºS.

2.230 ballenas sei y de Bryde *(Balaenoptera edeni)*, para las aguas del Hemisferio Sur.

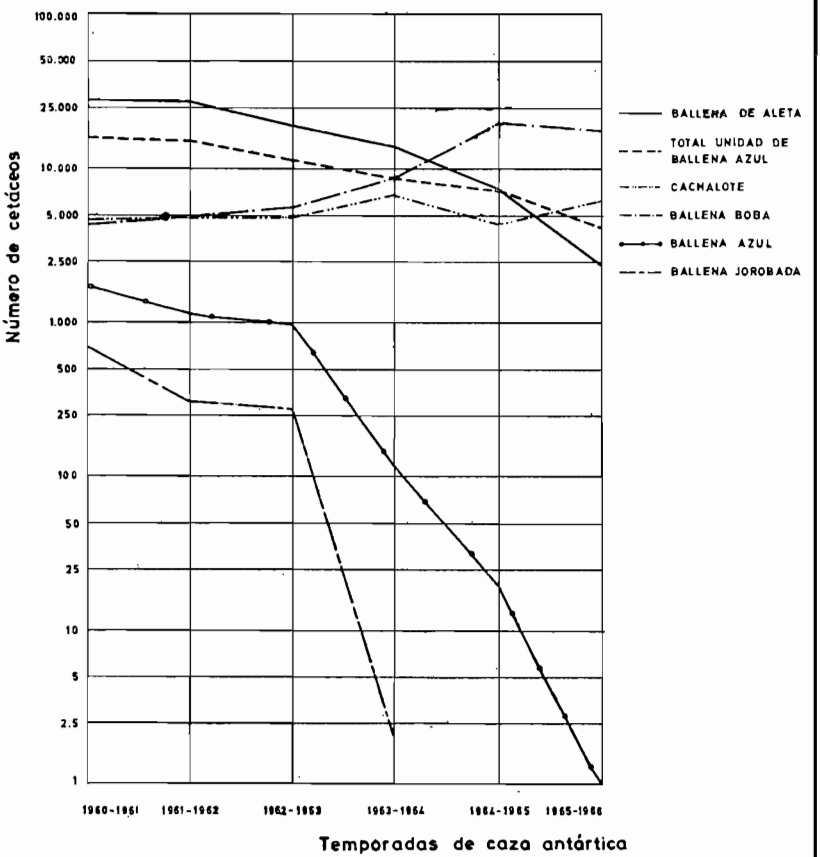
6.810 ballenas minke (*Balaenoptera acutorostrata*), para las aguas del Hemisferio Sur.

Estas cuotas fueron subdivididas por áreas, pero en ninguna de ellas la captura debería exceder los siguientes límites:

Gráfico 2

Cantidades relativas a la captura de cuatro especies de cetáceos con barbas, comparadas con el total de UBA y con las capturas de cachalote entre las temporadas 1960-61 y 1965-66 en aguas antárticas.

(Tomado de Mc Vay, 1966)



Areas	*Ballenas fin*	*Ballenas Sei y de Bryde*	*Ballenas minke*
1 (120°W— 60°W)	220	198	1.200
2 (60°W— 0°)	—	567	2.160
3 (0° — 70°E)	—	—	2.400
4 (70°E —130°W)	—	671	891
5 (130°E —170°W)	—	693	840
6 (170°W—120°W)	—	297	600

Sin embargo, bajo ninguna circunstancia la suma de capturas por áreas deberá exceder el total de cuotas asignadas para cada especie.

En esta ocasión, Japón y la Unión Soviética (en la práctica las dos únicas potencias balleneras), acordaron limitar la caza de estas especies con factorías flotantes en la Antártica, estableciéndose las siguientes cuotas: 2.226 ballenas sei y de Bryde; 6.034 ballenas minke.

Resumiendo, las cuotas para cada uno de estos países quedó como sigue:

País	*Ballenas fin*	*Ballenas sei y de Bryde*	*Ballenas minke*
Japón	132	1.331	3.017
URSS	88	895	3.017
Total	220	2.226	6.034

La temporada de caza 1975-76 se desarrolló con la participación de 3 expediciones japonesas y 2 soviéticas, con un total de 56 buques cazadores. El monto de la captura de cada país fue el siguiente:

País	*Ballenas fin*	*Ballenas sei y de Bryde*	*Ballenas minke*
Japón	118	1.316	3.017
URSS	88	505	3.017
Total	206	1.821	6.034

Con el objeto de presentar una panorámica de la caza pelágica en aguas antárticas, se incluye el siguiente cuadro, indicando el monto de captura para cada especie:

BALLENAS

Temporada	*azul*	*fin*	*jorobaaa*	*sei y de Bryde*	*minke*	*Cachalote*	*Total*
1971-72	—	2.683	3	5.456	3.021	3.366	14.529
1972-73	7	1.761	5	3.864	5.745	4.203	15.585
1973-74	—	1.288	—	4.392	7.713	4.927	18.320
1974-75	—	979	—	3.859	7.000	4.162	16.000
1975-76	—	206	—	1.821	6.034	2.829	10.890

Si se comparan las cifras de la temporada 1971-72 con la última, 1975-76, evidentemente ha habido una declinación en las capturas. En las estadísticas balleneras esta realidad se observa cada vez que se comparan las últimas capturas con las que las antecedieron.

A pesar de esta lamentable situación, la caza de ballenas sigue siendo una industria importante y rentable. Cabría preguntarse..., ¿hasta cuándo?

c. *Explotación futura*

Dada la importancia que tiene la industria ballenera para los países que practican esta actividad, resulta casi imposible aplicar una moratoria o veda total sin que se resienta un importante sector de la economía de esas naciones.

Pensamos que estos valiosos recursos naturales deben ser utilizados, tomando en cuenta las medidas de manejo que los especialistas recomienden a la luz de las investigaciones.

El apoyo que se brinde a los programas de investigación sobre mamíferos marinos, tanto en el plano nacional como en el internacional, será positivo para mantener una cosecha constante de sus poblaciones, sobre la base de fundamentos científicos más completos, lo que redundará en beneficio de las generaciones futuras.

6. ESTADO ACTUAL DE ALGUNAS ESPECIES DE CETÁCEOS

Las cifras que se entregan a continuación sobre las especies que se indican, corresponden a estimaciones realizadas sobre la base de uno a varios métodos; entre éstos se cuentan la captura por unidad de esfuerzo, como índice de abundancia, marcaje y retorno de marcas y observaciones o avistamientos.

En términos generales, el número actual de ballenas de barbas se estima en 351.500, con una biomasa de 6,22 millones de toneladas métricas.

Ballena azul, Balaenoptera musculus

Según los datos proporcionados por Gambell y Brown (1971), este cetáceo contaba con una población original de 200.000 animales al comenzar la actividad ballenera antártica. Aguayo y Maturana (1972) señalan una cifra de 220.000 para esa misma época. Cuando se le dio protección en la Antártica en 1965, y en esto coinciden los autores ya citados, la especie contaba con una población de 2.000 ejemplares. En los cinco años siguientes, su población se estimó, mediante avistamientos, en 6.400 animales, incluyendo la ballena azul pigmea (*Balaenoptera musculus brevicauda*), la que probablemente contribuía con la mitad del total (Gambell y Brown, *op. cit.*).

Recientemente, Gulland (1976), entrega una cifra de 4.000 animales para 1963 y, considerando un incremento de alrededor de un 4 — 5% por año, la población alcanzaría un total de 7.000 — 8.000 animales para 1975.

Ballena fin, de aleta o rorcual común, Balaenoptera physalus.

Gambell y Brown (*op. cit.*), señalan que en el stock original de esta especie en el Hemisferio Sur, probablemente giraba alrededor de 380.000 animales, pero que a la fecha (1971) sólo quedaban 77.000. Posteriormente Gambell (1975) expresa que el Comité Científico de la Comisión Ballenera Internacional está de acuerdo en estimar un stock antártico de 83.000 — 84.000 animales, cifras que acepta el Grupo Ad Hoc 1 (1976).

Ballena sei, boba o rorcual de Rudolphi, Balaenoptera borealis.

Este cetáceo, que ha sido intensamente explotado a partir de 1960, su población base de 150.000 animales ha sido reducida a 75.000 — 83.000 ejemplares (Gambell y Brown, op. cit.). Con respecto a las actuales evaluaciones, en general hay acuerdo en señalar que la población en aguas antárticas es de 50.000 — 55.000 ballenas (Gambell, 1975; Grupo Ad Hoc 1, 1976).

Con respecto a este cetáceo, se ha sugerido que los parámetros de la población (posiblemente incluidos los ritmos de crecimiento o reproducción), reaccionaron ante la menor abundancia (o competencia disminuida) de las grandes ballenas, debido a que estas últimas se explotaron antes que se iniciara la caza importante de las especies más pequeñas. La estimación anterior del tamaño de la población de ballenas bobas y posiblemente de otras, al comienzo de la explotación a gran escala de las especies en cuestión, puede

ser mayor que la población original antes que comenzara la caza en el Hemisferio Sur (Grupo Ad Hoc 1, 1976).

Ballena jorobada. Megaptera novaengliae.

Esta especie fue sobreexplotada en el presente siglo y sólo recibió protección a partir de 1963. Aguayo y Maturana (1972), expresan que la población de este cetáceo se estima en 1.700 animales. Los avistamientos posteriores a la fecha de su protección, indican un posible aunque ligero aumento (Grupo Ad Hoc 1, 1976).

Ballena minke, Balaenoptera acutorostrata.

Considerando el hecho de que las capturas de este cetáceo son recientes (a partir de la temporada 1970-71, las capturas totalizaron no más de 2.000 animales, para llegar a 7.713 en la temporada 1974-75), su población se ha estimado en cerca de 300.000 animales para toda la zona al sur de los 20° S., cifra que podría considerarse como la de una población inicial (Gambell, 1975).

Ballena de Bryde, Balaenoptera edeni.

Con respecto a este cetáceo, actualmente no existen datos que puedan emplearse para hacer una estimación cuantitativa de la magnitud de la población, aunque es probable que éstas sean pequeñas respecto a las poblaciones antárticas iniciales de las especies mayores. Actualmente este cetáceo se explota muy poco (Grupo Ad Hoc 1, 1976). Los únicos datos sobre cifras estimadas los proporciona Best (1975), señalando 20.000 — 30.000 animales para el Pacífico Norte, de acuerdo a las estimaciones de los japoneses, y entre 9.000 — 12.000 para el Atlántico Sur, según estimaciones del propio autor.

Ballena azul enana, Balaenoptera musculus brevicauda.

De acuerdo con los datos presentados por Ichihara (1975), este cetáceo presenta una población de alrededor de 10.000 animales, antes de la temporada 1960-61, para la región subantártica, ubicada entre 0° a los 80° E. Este cetáceo se explotó intensamente durante un breve período (1959-1962). Aunque se trata sólo de una población pequeña, su reducción ha sido menos grave que la de la ballena azul propiamente tal. Actualmente la población consta de unos pocos miles de animales (Grupo Ad Hoc 1, 1976).

Ballena franca o verdadera, Eubalaena australis.

Esta especie de desplazamiento lento, fue sobreexplotada en el siglo XIX, en especial frente a las costas de Chile, donde actualmente son muy escasas. En octubre de 1976, frente a las costas de Constitución, 7.a Región, Chile, se observó un ejemplar (Aguayo y Torres, en prep.). Gambell y Brown (1971), señalan que los recientes avistamientos realizados en las costas adyacentes a Sudamérica, Sudáfrica, Australia y Nueva Zelandia, indican que la población está aumentando, pero que aún se halla en un nivel muy bajo. Se estima alrededor de 180 animales en las costas de Africa del Sur, y de 900 a 1.500 animales para todo el Hemisferio Sur.

Recientemente se ha estimado una población de 3.000 animales, según los avistamientos en aguas de Sudáfrica y por las observaciones de barcos exploradores japoneses (Grupo Ad Hoc I, 1976).

7. MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE CETÁCEOS

Sobre el particular, nos referiremos a ciertos hechos importantes de los muchos que existen en el historial ballenero, algunos de los cuales coinciden, en cierta medida, con los relativos a pinípedos, por ser acciones generales aplicables tanto a unos como a otros. En este sentido, las organizaciones internacionales con sus acuerdos y medidas, así como las acciones propias de cada país, contribuyen al progreso de las medidas de conservación bien entendidas. El desarrollo de programas de investigación y educación sobre mamíferos marinos son actividades básicas del presente que permitirán en el futuro un constante y más eficiente manejo de sus poblaciones. Por otra parte, las acciones tendientes al uso no consumptivo de cetáceos han comenzado a desarrollarse en diversos países y a brindar positivos resultados económicos. La búsqueda de sustitutos y las proyecciones futuristas del manejo de los cetáceos pretenden también contribuir a la protección y conservación de los grandes mamíferos del mar.

A raíz de la sobreexplotación de los cetáceos se produjo un colapso en el mercado mundial del aceite en 1931, y desde las estaciones de 1932-33 y las siguientes, las compañías noruegas e inglesas voluntariamente aceptaron limitaciones de captura y producción, esperando estabilizar la industria, pero con el ingreso de Alemania y Japón a la actividad ballenera, este propósito fracasó.

Sobre la base de los datos proporcionados por el Departamento Internacional de Estadísticas Balleneras, con sede en Noruega, a par-

tir de 1929, la Convención Internacional para la Regulación de la Caza de Ballenas (nacida en 1931 en Italia) brindó total protección en 1935 a la ballena franca, prohibiendo la caza de hembras con ballenatos (crías).

Posteriormente, el año 1937, se firmó en Londres el primer acuerdo internacional sobre la caza de ballenas, fijándose áreas, temporadas de operaciones y tamaño mínimo para la captura de algunas especies. Esta reunión se denominó Conferencia Internacional Ballenera.

Con posterioridad, en 1946, se celebró en USA una Convención Internacional para la Caza de Ballenas, donde se creó la Comisión Ballenera Internacional, que debe reunirse cada año para dictar normas sobre conservación y fijar cuotas o contingentes de captura. Esta Comisión se reunió por primera vez en 1949.

Debido a la importante reducción de la población de ballena azul en aguas antárticas, a partir de la década de 1930 se introdujo por primera vez la Unidad de Ballena Azul, aplicable a la caza pelágica en aguas antárticas, criterio que continuó utilizando la CBI hasta el año 1972. Así, en las primeras temporadas, luego de finalizada la Segunda Guerra Mundial, la CBI estableció una captura permisible de 16.000 UBA. Ante la gran extracción de cetáceos en aguas antárticas, el Comité Científico de la CBI constantemente informaba a esa Organización sobre el peligro que para las poblaciones de cetáceos significaba el uso de la UBA; pero sus advertencias no fueron consideradas. Finalmente, en 1960, a pesar de trabajar en condiciones adversas, se estableció un Comité constituido por tres científicos (Comité de Tres), a los que se les asignó la tarea de evaluar las poblaciones de ballenas en aguas antárticas, tarea que finalizó en 1963. Durante esos tres años se desató una cacería indiscriminada de cetáceos, llegando a superar las 16.000 UBA.

En el informe presentado por la Comisión de Tres en el año 1963, se señalaba que, tanto la ballena azul como la ballena jorobada, se hallaban en serio peligro de extinción, por lo que se recomendaba que su captura se prohibiera de inmediato. Asimismo, recomendó la eliminación de la UBA, sustituyéndola por cuotas por especie. Esta cuerda recomendación hecha sobre base científica, fue ignorada por las industrias balleneras. Los intereses económicos de estas industrias impedían que se reglamentara adecuadamente las capturas.

Para la temporada 1963-64, el Comité Científico, señaló que la industria no podría cazar más de 8.500 UBA; sin embargo, la vota-

ción realizada en la CBI acordó fijar 10.000 UBA. En esa temporada los balleneros capturaron sólo 8.429 UBA de las 8.500 predichas por el Comité.

A partir de la temporada 1965-66, comenzaron a declinar las UBA. Para esa temporada se recomendó una captura límite de 4.500 unidades, para alcanzar 3.200 en 1967-68 y finalizar en 2.300 unidades para la temporada 1971-72. Fue en 1972 cuando finalmente se abolió la UBA, reemplazándola por cuotas por especies.

Con respecto a otras medidas de protección de carácter internacional, según el informe de Aguayo (1971), en diciembre de 1970 el Departamento del Interior de los Estados Unidos de Norteamérica, confeccionó una lista con ocho especies de ballenas en peligro de extinción, lo que motivó una importante decisión. Esa nación determinó no importar ningún producto manufacturado con materias primas de cetáceos. La medida comenzó a operar en marzo de 1971 cuando el Departamento de Comercio de USA, suspendió todo tipo de relaciones comerciales concernientes a productos y subproductos de ballenas por un período de 10 años. Esta medida se dio a conocer en la Primera Conferencia Internacional sobre Biología de Ballenas, organizada por el Consejo de Mamíferos del Programa Biológico Internacional (IBP) y otras instituciones. En aquella ocasión sesionó el Grupo Ballenero de la Comisión de Ayuda a la Sobrevivencia, de la UICN. Según Aguayo (op. cit), el principal objetivo de este Grupo, es asesorar a la UICN en el estudio y conservación de los cetáceos grandes, medianos y pequeños.

Este grupo propuso en la 23.a Reunión de la CBI en 1971: 1º. Que el Esquema de Observadores Internacionales fuera aprobado en la temporada de caza pelágica, 1971-72. 2º Que la Unidad de Ballena Azul fuera cambiada por cuotas por especies, de acuerdo con los estudios biológicos existentes.

Estas proposiciones fueron aceptadas en principio, de modo que la CBI señaló que se reuniría extraordinariamente para poner en práctica la recomendación.

Vemos así que fueron varios los factores que se sumaron para que en 1972 se eliminara la UBA de la caza de cetáceos en la Antártica.

En octubre de 1972, el Congreso de USA, mediante ley, estableció el Acta de Protección de los Mamíferos Marinos de 1972.

La moratoria de diez años a nivel mundial propuesta por USA para la caza de cetáceos fracasó, hecho que sucedió en la 25ª Reunión de la Comisión Ballenera Internacional, realizada en Inglaterra en junio de 1973.

De acuerdo con lo señalado por la International Whaling Statistics (1976), cuando se celebró la 27ª reunión de la CBI en 1975, se establecieron los siguientes acuerdos para regular la caza pelágica de cetáceos en la Antártica, durante la temporada 1975-76:

1. Las capturas de ballenas de aleta, boba y de Bryde, se podrán efectuar en el período comprendido entre el 12 de diciembre y el 7 de abril, ambos días inclusive.
2. La captura de cachalotes queda restringida a ocho meses.
3. La captura de ballenas minke queda restringida a seis meses.
4. Se prohíbe capturar ballenas fin, de menos de 17 m., ballenas boba y de Bryde, con menos de 12 m., y cachalotes, con menos de 9 m.
5. Se prohibió, además, cazar ballenas azul, jorobada y franca, como asimismo toda hembra con cría.

Cabe destacar que Chile no es miembro de la CBI, entre otras razones, debido a que no se aceptó su posición respecto a la soberanía de las 200 millas marinas. Además, Chile no realiza captura de cetáceos en la Antártica. Actualmente posee sólo una planta ballenera terrestre, la que trabaja casi exclusivamente en la captura de cachalotes. Al respecto, cabe mencionar los datos proporcionados por Arriaga (1976), que indican una captura de 1.987 animales entre los años 1968 y 1974, con un promedio de 283 animales por año.

Chile, Perú y Ecuador formaron en 1952 la Comisión Permanente para la Explotación y Conservación de los Recursos Marinos del Pacífico Sur. Esta Comisión (CPSS), al igual que la CBI, posee reglamentos que regulan la captura de cetáceos y velan por su conservación, bajo la autoridad de Comités Científicos Asesores.

La preocupación a nivel mundial por la protección de los grandes cetáceos y de los mamíferos marinos en general llevó al Comité de Pesca de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, a pedir en 1972, que se hiciera un estudio sobre la situación actual de los mamíferos marinos. Este estudio le fue encargado al Comité Asesor sobre Investigaciones de los Recursos Marinos (CAIRM), el que creó un grupo de trabajo para cumplir con esa tarea. Este grupo se asesoró por numerosos científicos, especialmente por intermedio de cuatro grupos de trabajo: I. Ballenas; II. Pequeños cetáceos y sirénidos; III. Focas y Nutrias marinas, y IV. Problemas ecológicos y generales.

La labor finalizó en sendos informes, los que fueron presentados

a los especialistas durante el desarrollo de la Consulta Científica celebrada en Bergen, Noruega, a la cual ya hicimos referencia.

Los resultados de la consulta están siendo utilizados por el Grupo de Trabajo del CAIRM, el que a su vez, preparará un informe final que será conocido por el Director General de la FAO. El fruto de esta labor será distribuido a todos los gobiernos y organizaciones internacionales, para que cada cual tome las medidas pertinentes, de acuerdo a su realidad.

Con respecto al campo de la investigación científica sobre cetáceos, muchas naciones han desarrollado y continúan llevando a cabo programas de esta naturaleza. En Chile, entre los años 1959 y 1961, se llevó a cabo un extenso estudio sobre cachalote, labor apoyada por FAO bajo el Programa de Extensión de Ayuda Técnica de las Naciones Unidas. Los resultados de este programa de investigación han sido publicados parcialmente (Clarke, 1976) y se espera que FAO nuevamente preste su apoyo con el propósito de finalizar la elaboración de los datos biológicos colectados. Cabe destacar que uno de los trabajos entregó antecedentes positivos para reglamentar el tamaño mínimo de captura de los machos (Aguayo, 1963) y evitar así graves daños a los núcleos familiares o haremes y a la población en general.

Las actividades correspondientes al uso no consumptivo de cetáceos y mamíferos marinos en general, ha resultado ser un importante aliado en las campañas de protección respaldadas por instituciones nacionales e internacionales y constituyen importantes fuentes de ingreso económico. Por ejemplo, según el informe del Grupo de Trabajo 24 (1976), más de 20 películas sobre mamíferos marinos para la televisión, aportaron un promedio de US$ 600.000 por año. Un total de ocho discos ("Canción de la ballena jorobada", "Canción de la última ballena del mundo" y otras), produjo US$ 143.000 al año. Obras artísticas, como pinturas, posters, figurines de porcelana, de madera, metal y plástico, entre otras creaciones, recaudaron aproximadamente un total de US$ 377.000 al año. Muchas otras producciones, como libros, revistas, etc., son obras que constituyen el uso no consumptivo de los mamíferos marinos.

Otra actividad importante es la búsqueda de sustitutos para algunos productos de cetáceos. De acuerdo a lo señalado por Calhoun (1976) y lo expresado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), de México (1976), existen vegetales de los cuales se puede extraer aceites que pueden reemplazar efectivamente el aceite de cachalote. El primer autor señala que el aceite de la semi-

lla de *Limmanthes alba,* herbácea anual de invierno que crece en estado silvestre en Oregón y California, puede transformarse químicamente en un éter céreo y líquido que se compara en calidad al esperma de cachalote.

En la Estación Experimental Agrícola de Oregón y el Proyecto de Semillas de la Oregon Foundation, han iniciado un programa piloto de cultivo, que incluye planes para estudiar las posibilidades de mercado y ensayar la producción comercial de este aceite.

Según lo establecido por el CONACYT, el aceite de la "jojoba" *Simondsia chinensis* (=*S, californica*), estaría sustituyendo al escaso aceite de cachalote en su empleo como lubricante de alta presión y temperatura, fluidos para transmisiones automáticas, así como en la elaboración de cosméticos y productos farmacéuticos.

Visión del futuro.

Dentro de las concepciones futuristas para la conservación y manejo de los mamíferos marinos, se encuentra la crianza o domesticación de un cierto número de animales, entre los que toman mayor importancia los cetáceos.

Ridgway (1972), expresa que el hecho de pronosticar el futuro trae consigo ciertos riesgos, incluyendo el hecho de presentar ideas aparentemente absurdas, pero es necesario señalar algo acerca de las relaciones hombre-mamíferos acuáticos y el uso potencial que él puede hacer de ellos.

Se ha demostrado —agrega—, que algunos mamíferos marinos pueden ser entrenados para trabajar en mar abierto bajo control humano. Este tipo de tareas útiles, pueden llegar a ser comunes en el futuro y obtener por ejemplo algunos mamíferos marinos jugando el rol de "perros ovejeros" o "caballos marinos". En esta actividad podrían participar los cetáceos pequeños que, como la orca (*Orcinus orca*), podrían ser utilizados para rodear los grandes cetáceos.

El avance de la tecnología en el futuro, podría hacer posible que, ciertas ballenas pudiesen enviarse a "engorda" en grandes "campos de pastoreo" acuáticos como serían las grandes lagunas del Pacífico Sur, mencionadas por Pinochet (1966), citado por Ridgway (1972).

A juicio de Yablokov (1976), por razones de estabilidad ecológica y económica y teniendo en cuenta las necesidades nutricionales del hombre y del interés biológico de los mamíferos marinos, la presente reducción de las poblaciones de casi todas las especies de estos animales, es sumamente negativa. Esta situación ha sido determinada por una explotación mal regulada, que sigue amenazando

a muchas especies. La experiencia del pasado con otros animales explotados y a menudo amenazados, revela que la solución a este problema es la transición deliberada del sistema actual de caza a la cría, con cierto grado de domesticación de los animales. El cultivo de estos animales podrá asegurar un rendimiento sostenido que puede tener elevado valor económico y podría aumentarse aun más si fuera posible aplicar determinadas técnicas de crías, aplicando los conceptos de rebaño y pastoreo en el mar abierto y quizás en masas cerradas de agua.

La transición de la caza a la cría hace necesario preparar programas especiales multidisciplinarios de investigación que incluyan estudios sobre biología de la población, el comportamiento y el control de comportamiento y sobre el lugar que ocupa la especie en el ecosistema. Probablemente esos y otros programas estarán en el centro de los estudios futuros y su eficacia sería mayor con una coordinación internacional.

8. RECOMENDACIONES PARA FUTURAS ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN

Según la opinión del Grupo Ad Hoc 1 (supl. 1, 1976), es evidente que los actuales conocimientos científicos no bastan para aplicar adecuadamente las "nuevas normas de ordenación" de la CBI y, además, su actual formulación y aplicación, aunque representan un adelanto respecto a la situación anterior, tienen graves defectos que sólo pueden subsanarse mediante cierta reorientación y ampliación del ámbito de las investigaciones. Por lo tanto, es esencial examinar de nuevo y ampliar los actuales programas e incorporarlos en un plan global de los futuros programas de investigación necesarios, para lograr el adelanto sistemático de los conocimientos en los lugares donde sea mayor la necesidad de ordenación.

Entre los ejemplos que demuestran la diversidad de tales necesidades están: conocimiento del comportamiento y estructura social, el efecto de la caza de éstos y sus consecuencias para la dinámica de la población; estudios experimentales de ordenación científica; observaciones de los grupos de ballenas vivas sin cazarlas; obtención y análisis inicial de los períodos históricos de caza; estudios de la economía y tecnología de los productos para que la ordenación tenga objetivos más esclarecidos que simplemente aumentar al máximo el número de capturas; explotación de los modelos de población más complejos y, por lo tanto, más realistas; mejor información y comprensión de relaciones interespecíficas; censos a gran escala de las poblaciones de cetáceos, que no sean como subproducto de las ope-

raciones de caza; examen y análisis completos del gran volumen de materiales y datos biológicos que ya se han recogido.

Por otra parte, se ha propuesto realizar estudios adicionales, tales como preparar modelos de ecosistemas empleando los datos disponibles, para estudiar las acciones recíprocas entre diferentes especies de ballenas y entre éstas y su medio.

El informe final que prepara FAO sobre la base de los antecedentes entregados en la Consulta Científica, contiene en detalle las actividades prioritarias a desarrollar. Este documento, como se señaló anteriormente, será enviado a todos los gobiernos e instituciones interesadas para su conocimiento.

9. Resumen

Se entrega una breve relación de los principales puntos relativos a la antigua explotación de los mamíferos marinos en la Antártica como así también, antecedentes sobre su actual explotación y las investigaciones que servirán de base para la futura explotación.

Sobre la base de los antecedentes proporcionados por diversos autores se entrega una resumida visión del status actual de las poblaciones de mamíferos marinos en aguas antárticas, que incluye cinco especies de fócidos y una de otárido, y ocho especies de cetáceos.

Algunos aspectos sobre protección y conservación se entregan en forma separada respecto a pinípedos y cetáceos, aunque algunas medidas presentadas incluyen ambos órdenes.

Finalmente, en términos generales, se entregan algunos datos sobre las recomendaciones para las futuras investigaciones sobre mamíferos marinos.

Muchos de los antecedentes y opiniones entregados, son algunos de los resultados obtenidos de la Consulta Científica sobre mamíferos marinos y su medio, celebrada en la ciudad de Bergen, Noruega, en 1976.

Agradecimientos

Deseo expresar mi reconocimiento al Instituto de Estudios Internacionales de la Universidad de Chile y al Instituto de la Patagonia por darme la oportunidad de entregar algunos antecedentes sobre la situación general de los mamíferos marinos.

Así también debo dejar constancia de mis agradecimientos para con el Instituto Antártico Chileno, con cuyo respaldo se han hecho

posible los logros nacionales en el estudio de nuestros mamíferos marinos en la Antártica. Mención especial debo hacer a la Armada Nacional, que con su eficiente apoyo logístico nos ha permitido censar un importante sector del Territorio Antártico Chileno.

Finalmente, debo agradecer a la Srta. Patricia Torres N., su colaboración en la mecanografía de esta contribución.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AGUAYO, A., 1963. Observaciones sobre la madurez sexual del cachalote macho (*Physeter catodon L.*), capturado en aguas chilenas. Montemar, *11*: 99-195.

————, 1970. Census of Pinnipedia in the South Shetland Islands. In: Antarctic Ecology I: 395-397. Ed. Holdgate, M. W. Academic Press, London and New York.

————, 1971. Informe sobre moratoria internacional de diez años de la caza de ballenas. Biblioteca INACH, doc. A591. 9/5995 M445. 3 págs. No publicado.

————, 1974. Baleen whales of Continental Chile. In: The Whale Problem: A status Report. pp. 209-217. Ed. Schevill *et al.*, Cambridge, Mass. Harvard University Press.

———— y R. MATURANA, 1972. Antecedentes para la Conservación de focas antárticas. Rev. Est. Pacífico, Valparaíso. *5*: 43-61.

————, 1973. Observación de mamíferos durante la Vigésimoséptima Comisión Antártica Chilena. Dic. 1972-Febrero 1973. 41 págs. Informe INACH.

AGUAYO, A. y D. TORRES, 1967. Observaciones sobre mamíferos marinos durante la Vigésima Comisión Antártica Chilena. Primer censo de pinípedos en las Islas Shetland del Sur. Rev. Biol. Mar., Valparaíso. *13* (1): 1-57.

————, 1975. Identificación a distancia de focas antárticas. INACH. Ser. Cient. *3* (1): 87-101.

AGUAYO, A., MATURANA, R. y D. TORRES, 1971. El lobo fino de Juan Fernández. Rev. Biol. Mar., Valparaíso. *14* (3): 135-149.

———— (en prensa). El lobo antártico, *Arctocephalus gazella* (Peters), en el sector Antártico Chileno (Pinnipedia - Otariidae). INACH. Ser. Cient.

ARRIAGA, L., 1976. Actividad ballenera en el Pacífico Sur-Oriental. ACMRR/MM/SC/119. 11 págs. Sci. Cons. M. M., Bergen. Norway. FAO.

BEST, P. B., 1975. Status of Bryde's Whale (*Balaenoptera edeni* or *B. brydei*). ACMRR/MM/EC/12. 11 págs. Sci. Cons. M. M., Bergen, Norway. FAO.

BONNER, N., 1958a. Notes on the Southern fur seal in South Georgia. Proc. Zool. Soc. Lond. *130* (2): 241-252.

————, 1958b. Exploitation and Conservation of seals in South Georgia. Oryx. *4* (6): 373-380.

BONNER, N., 1964. Population increase in the fur seal *Arctocephalus tropicalis gazella* at South Georgia. Proc. First SCAR Symposium on Antarctic Biology. pp. 433-443. Ed. Carriek, R.; J. Prévost and M. W. Holdgate, París.

————————, 1968. The fur seal of South Georgia. BAS. Sci. Rep. 56: 1-81.

————————, 1976. The status of the Antarctic Fur Seal, *Arctocephalus gazella*. ACMRR/MM/SC/50. 8 páginas. Sci. Cons. M. M., Bergen, Norway, FAO.

———————— y R. M. LAWS, 1964. Seal and sealing. Antarctic Research. pp. 163-190. Ed. Priestley, R.; R. J. Adie and G. de Q. Robin. London.

CABRERA, A. y J. YEPES, 1940. Mamíferos Sudamericanos. 370 pp. Compañía Argentina de Editores. Buenos Aires.

CALHOUN, W., 1976. *Limnanthes alba* (Meadow foam) oil as a potential substitute for sperm whales oil. ACMRR/MM/SC/56. 2 págs. Sci. Cons. M. M., Bergen, Norway. FAO.

CLARKE, R., 1976. The elaboration and publication of material collected from Sperm whales between 1959 and 1961 in Chile and Perú. ACMRR/MM/SC/WG 20.10. 1 pág. Sci. Cons. M. M., Bergen, Norway, FAO.

CONACYT, 1976. La jojoba en México y sus perspectivas. ACMRR/MM/SC/120. 3 págs. Sci. Cons. M. M., Bergen, Norway. FAO.

CONVENCIÓN para la Conservación de Focas Antárticas. 1972. Rev. Est. Pacífico, Valparaíso. *5*: 63-74.

DALINGER, R., 1959. Isla Decepción. Contrib. IAA, Bs. As. *12*: 4-18.

ERICKSON, A. W.; SINIFF, D. B.; CLINE, D. R. y R. J. HOFFMAN, 1971. Distributional ecology of Antarctic Seals. pp. 55-75. Symposium on Antarctic Ice and Water Masses, Tokio, Japan, 1970. Ed. Deacon, G. Publ. SCAR.

GAMBELL, R., 1975a. A review of population assessments of Antarctic fin whales. ACMRR/MM/EC/9. 23 págs. Sci. Cons. M. M., Bergen, Norway. FAO.

————————, 1975b. A review of population assessments of Antarctic **sei** whales. ACMRR/MM/EC/10. 14 págs. Sci. Cons. M. M., Bergen, Norway. FAO.

————————, 1975c. A review of population assessments of Southern minke whales. ACMRR/ MM/EC/11. 7 págs. Sci. Cons. M. M., Bergen, Norway. FAO.

GAMBELL, R. y S. G. BROWN, 1971. Status and conservation of the great whales. UICN Bull. New Sev. *2* (21): 1-6.

GRUPO AD-HOC I. Grandes cetáceos, 1976. Los mamíferos del mar. Proyecto de Informe. ACMRR/MM/SC/2. (Es.). 51 págs. Sci Cons. M. M., Bergen, Norway. FAO.

————————, 1976. Los mamíferos del mar. Informe Supl. 1 ACMRR/MM/SC/2. Supl. 1 (Es.). 11 págs. Sci. Cons. M. M., Bergen, Norway. FAO.

GRUPO AD HOC III. Pinípedos y nutrias marinas, 1976. Los mamíferos del mar. Proyecto de Informe. ACMRR/MM/SC/4 (Es.). 134 págs. Sci. Cons. M. M., Bergen, Norway. FAO.

————————, 1976. Corrections to ACMRR - MM - SC - 4. ACMRR/MM/SC/4 Add. 3. 7 págs. Sci. Cons. M. M., Bergen, Norway. FAO.

GULLAND, J. A., 1976. A note on the abundance of Antarctic blue whales. ACMRR/MM/SC/76. 11 págs. Sci. Cons. M. M., Bergen, Norway. FAO.

ICHIHARA, T., 1975. Review of pigmy blue whale stock in the Antarctic. ACMRR/MM/EC/28. 8 págs. Sci. Cons. M. M., Bergen, Norway. FAO.

INTERNATIONAL WHALING STATISTICS,

1976. Vol. *78*: 1-21. Ed. Comm. Whal. Statistics. Oslo, Norway.

KING, J. E., 1964. Seals of the world. Brit. Mus. (Nat. Hist.). 154 pp. London.

LAWS, R. M., 1960. The Southern elephant seal. (*Mirounga leonina Linn.*) at South Georgia. Norsk. Hvalf. Tidende. *49* (10-11): 466-76, 520-542.

————, 1972. Seals and Bird killed and captured in the Antarctic Treaty Area, 1964-69. The Polar Record. *16* (101): 343-345.

————, 1973. Population increase of fur seals of South Georgia. The Polar Record. *16* (105): 856-858.

————, 1973. The current status of seals in the Southern Hemisphere In: Seals-Proc. Working Meeting on Seals Specialists. *17*: 144-161. IUCN Publ. New Ser., Suppl. Pap. (39).

LAWS, R. M. y E. C. CHRISTIE, 1976. Seals and Bird killed or captured in the Antarctic Treaty Area, 1970-73. The Polar Record. *18* (114): 318-320.

MARKHAM, B. J., 1971. Observaciones sobre el elefante marino del sur y el leopardo marino en la Península Brecknock (Parque Nacional "Alberto M. de Agostini"), Tierra del Fuego. Ans. Inst. Pat., Punta Arenas (Chile). *2* (1-2): 160-163.

MC VAY, S., 1966. The last of the great whales. Sci. Amer. *215* (2): 13-21.

ØRITSLAND, T., 1965. Studies of Antarctic Seals. Summary of a report on Norwegian experimental sealing in Antarctic waters in 1964, 2 págs. Bibl. INACH. 639. 247. 4:338. 7.

————, 1970. Sealing and seal research in the South-west Antarctic Pack Ice, Sept.-Oct. 1964. In: Antarctic Ecology 1: 367-376. Ed. Holdgate, M. W. Academic Press, London and New York.

POTTER, N., 1969. Natural resource potentials of the Antarctic. Amer. Geogr. Soc. Occasional Publ. *4*: 1-97.

RIDGWAY, S. H., 1972. Homeostasis in the aquatic environment. In: Mammals of the sea. Biology and Medicine. pp. 590-747. Ed. Ridgway, S. H., Charles C. Thomas Publisher, Illinois.

TORRES, D., 1976. Comentarios sobre el Informe preparado por el Grupo III Ad Hoc, relativo a pinípedos y nutrias marinas. In: Comments on the draft reports of. Ad Hoc Groups I, II, III and IV (ACMRR/MM/SC 2, 3, 4, 5). pp. 8-14. ACMRR/MM/SC/Cmt. 2. Sci. Cons. M. M., Bergen, Norway. FAO.

WORKING GROUP 3: Pinnipeds, 1976. ACMRR Working Party on Marine Mammals Ad Hoc Group III, on Seals and Marine Otters. ACMRR/MM/SC/WG/3. 9 págs. Sci. Cons. M. M., Bergen, Norway. FAO.

WORKING GROUP 24, 1976. Low-consumptive uses of Marine Mammals. ACMRR/MM/SCI/WG/24. 10 págs. Sci. Cons. M. M., Bergen, Norway. FAO.

YABLOKOV, A. V., 1976. The transition from fisheries to marine farming as the primary long-term objective of marine mammal management. ACMRR/MM/SC/58. 8 págs. Sci. Cons. M. M., Bergen, Norway. FAO.

PARTE CUARTA

Minerales e hidrocarburos en el desarrollo antártico

EL CONTINENTE ANTARTICO — SUS RECURSOS NO RENOVABLES

Oscar González Ferrán
Profesor del Departamento de Geología de la Universidad de Chile

RESUMEN

Es el continente más alto e inhóspito y aislado de la Tierra, con una superficie de 13,5 millones de kilómetros cuadrados, cubierto en un 95% aproximadamente por hielos que en algunas regiones sobrepasan los 3.000 metros de espesor. Circundado por un fondo marino compuesto de cuatro grandes unidades morfológicas: el shelf continental, que alcanza su mayor desarrollo en los mares de Ross, Bellingshausen y Weddell; el talud continental; el rise continental y las cuencas oceánicas profundas. Es considerado como una fuente potencial de importantes recursos minerales y energéticos para el futuro.

Las rocas descubiertas de hielo no sobrepasan el 5% de la superficie del Continente y se distribuyen principalmente en su periferia costera, en las Montañas Transantárticas, Cordillera de Ellsworth, Península Antártica y Tierra Victoria. Los estudios geológicos y geofísicos, realizados por investigadores de los países miembros del SCAR, durante los últimos 20 años, han permitido conocer en gran medida la evolución geológica del Continente y de la correlación de sus unidades tectónicas y estratigráficas con los otros continentes del Hemisferio Austral y demostrar que el Continente Antártico formó parte significativa del Continente de Gondwana.

Geológicamente la Antártica ha sido dividida en dos grandes provincias: la Antártica Oriental, que corresponde a una plataforma estable o escudo continental, formado por viejas rocas ígneas y metamórficas que subyacen a rocas sedimentarias más jóvenes y la Antártica Occidental o Circumpacífica, compuesta por rocas jóvenes, fuertemente plegadas y afectadas por complejos ígneos intrusivos y volcánicos, cuya actividad continúa hasta hoy día.

De las investigaciones geológicas regionales se ha detectado la presencia de una amplia variedad de minerales, cuyas características, leyes y concentraciones no se conocen como para hablar hoy día de la existencia de yacimientos potencialmente comerciales. Pero sí, de

acuerdo con su marco geológico-tectónico se pueden establecer ciertas provincias metalogénicas correlacionables con las de los otros Continentes del Hemisferio Austral, constituyendo una guía para orientar estudios puntuales. Los posibles recursos minerales detectados en la Antártica pueden agruparse en METÁLICOS tales como el fierro, cobre, molibdeno, oro, plata, níquel, cobalto, platino, cromo, manganeso, etc.; NO METÁLICOS como mica, berillo, cuarzo, gráfito, fosfatos, calizas y materiales de construcción como arenas y ripios; ENERGÉTICOS, entre los cuales están los geotérmicos, hidrocarburos, carbón y uranio.

Entre los recursos minerales conocidos, que presentan un cierto volumen apreciable, estarían los yacimientos de hierro de la Tierra de la Reina Maud; los de las Montañas del Príncipe Carlos y los del Macizo Dufek. El cobre porfírico de la Costa de Lassister y otras localidades más septentrionales de la Península Antártica e islas adyacentes. También lo son los depósitos de carbón de tipo antracita, presentes en grandes extensiones en las Montañas Transantárticas.

Los hidrocarburos constituyen quizás el más atractivo de los recursos no renovables detectados en la Antártica. Importantes espesores de sedimentos de edad cretácica a terciaria han sido reconocidos en la Antártica Occidental, particularmente en las regiones del Mar de Ross, Weddell, Bellingshausen y en algunas localidades cercanas a la Península Antártica como la Isla James Ross. Perforaciones con carácter científico revelaron la presencia en dichos sedimentos (Mar de Ross), de gases de etano y metano. El conocimiento actual es insuficiente para predecir volúmenes de petróleo o gas acumulados en dicho sector, pero si se correlacionan con otras áreas como el Suroeste de Australia, el Oeste de Nueva Zelandia y el extremo sur de Sudamérica, los depósitos sedimentarios de la Antártica se proyectan como una zona altamente atractiva para la exploración petrolera en un futuro.

La presencia de importantes recursos polimetálicos en los fondos marinos circumantárticos, tales como la abundancia de nódulos de fierro y manganeso con proporciones significativas de níquel, cromo y cobre, constituyen otra área de recursos minerales del futuro.

Se plantea la problemática de la exploración mineral con fines comerciales y su eventual explotación y el impacto que éste podría causar en la conservación del medio ambiente antártico.

Introducción

El Continente Antártico, con una superficie de 13,5 millones de kilómetros cuadrados, es el más alto, inhóspito y aislado de la Tierra, y está cubierto en alrededor de un 95% por una gruesa capa de hielo que en algunos puntos sobrepasa los 3.000 metros de espesor. Es interesante destacar que este 5% de la superficie libre de hielo del Continente representa un porcentaje mínimo de acceso directo al geólogo para investigar su estructura, tipos de rocas, mineralización, etc., e interpretar su historia geológica. Estas áreas se encuentran principalmente en la periferia costera del Continente; en las Montañas Transantárticas, Cordillera del Ellswolth; Península Antártica; Tierra Victoria e islas adyacentes y su superficie total aproximada es de unos setecientos mil kilómetros cuadrados. En su análisis desde el punto de vista de su evolución geológica y como fuente potencial de recursos, el Continente Antártico no puede ser considerado solamente como un Continente más, rodeado por océanos, sino que, fundamentalmente debe ser considerado íntimamente ligado a su estructura del fondo oceánico, como una pieza clave de la Tectónica global de placas, que permiten comprender y explicar muchos de los procesos geodinámicos de la corteza superior de la Tierra. Así se pueden señalar algunas grandes unidades morfológicas del fondo oceánico que rodea a la Antártica, tales como el shelf continental, que alcanza su mayor desarrollo en la región de los mares de Ross, Bellingshausen y Weddell; el talud continental; el rise continental y las cuencas oceánicas profundas.

Todo el casquete polar de la Tierra, tanto continental como oceánico, es considerado como una fuente potencial de importantes recursos minerales y energéticos para el futuro de la humanidad. Tema que durante los últimos años ha sido el punto prioritario de discusión en las Agendas de las Reuniones Antárticas Internacionales, ya sean éstas del Tratado o del SCAR. Planteándose en forma acelerada la necesidad de que los organismos pertinentes y los países miembros del Tratado se pronuncien y definan su posición frente a la "exploración y explotación de los recursos minerales" y el efecto que causaría tal actividad en el medio ambiente antártico.

Este trabajo sólo intenta presentar en forma muy resumida una especie de radiografía del marco geológico-tectónico, tanto continental como oceánico, que controla las provincias metalogénicas. Esta información es el producto de numerosas, arriesgadas y fatigosas campañas de terreno y de no menos largas y apasionantes horas de investigación en laboratorios, como también de numerosas cam-

pañas oceanográficas y glaciológicas-geofísicas transcontinentales. En suma, son producto de los últimos 20 años de investigación realizados por científicos de los países miembros del SCAR y de lo cual existe una extensa Bibliografía Antártica, publicada por la Biblioteca del Congreso de los Estados Unidos, con el patrocinio de la Fundación Nacional de las Ciencias de Washington.

Como objetivo final de este trabajo se presenta como un telón de fondo para que se tengan presente durante los debates tanto del área científica y de defensa y conservación del medio ambiente como también de los aspectos jurídico políticos que se expongan a lo largo de este Symposium.

EL CONTINENTE ANTÁRTICO — UN FRAGMENTO DE LA TIERRA DE GONDWANA

Desde que Suess (1906), planteara la existencia de un Supercontinente compuesto de rocas precámbricas y paleozoicas, y más tarde Wegener (1912), postulara la "deriva continental", el Continente Antártico, pasó a ser la pieza central clave de todas las reconstrucciones propuestas para la Tierra de Gondwana, y en la década de 1920 es cuando adquieren un notable incremento las hipótesis sobre la reconstrucción de Gondwana. La Antártica sobresale aun más como un continente inexplorado, siendo la gran incógnita tectónica-geológica en dichas reconstrucciones. Así, en 1937 el famoso geólogo sudafricano Alexander Du Toit, publica su libro "OUR WANDERING CONTINENTS", que debería ser considerado entre los trabajos más brillantes escritos en el campo de las ciencias geológicas. En esta magnífica obra Du Toit establece en detalle cuatro evidencias geológicas que respaldan la Deriva Continental y apoyan la existencia de la Tierra de Gondwana, y al referirse a la Antártica señala:

"The role of the Antarctic is a vital one. As will be observed the shield of East Antarctic constitutes the "keypiece" —shaped surprisingly like Australia, only larger— around which, with wonderful correspondences in outline, the remaining "puzzle-pieces" of Gondwanaland can with remarkable precision be fitted".

Sin embargo, aún en la década del 40. las escuelas científicas están divididas y son muchos los que dudan respecto al Continente único y la Deriva Continental, la Antártica sigue siendo la incógnita. El resolver este problema fue uno de los objetivos básicos de las decenas de geólogos y geofísicos que en un esfuerzo común durante el Año Geofísico Internacional (1957-1958), abordaron el Con-

tinente Antártico. Los descubrimientos geológicos y geofísicos de los últimos veinte años realizados en la Antártica como también las observaciones efectuadas en los numerosos cruceros oceanográficos que han permitido tener un conocimiento global de la morfología de los fondos oceánicos, de su edad y evolución dando origen a la Tectónica Global de Placas, estimuló la revaluación de la deriva continental y ha contribuido a demostrar que el Continente Antártico formó parte importante del Supercontinene de Gondwana. En consecuencia, la mayor parte de su historia geológica está íntimamente ligada a los otros Continentes del Hemisferio Austral y con ello también la evolución de sus provincias metalogénicas. Son numerosas las evidencias paleontológicas (Schopf, 1970), paleomagnéticas (Creer, 1967), estratigráficas (Frankes, 1966; Adie, 1972), radiométricas (Halpern, 1970) oceanográficas y geofísicas (Hayes 1971, Pitman, 1971, Isacks *et. al.*, 1971; Heirtzler and Vogt, 1971), que han permitido cuantificar y establecer cierto grado de correlaciones con Sudamérica, Australia, Sudáfrica e India y las nuevas reconstrucciones propuestas difieren muy poco de la postulada por Du Toit en 1937.

El Continente Antártico es considerado tectónicamente formado por dos grandes provincias geológicas separadas por las Montañas Transantárticas: LA ANTÁRTICA ORIENTAL, que constituye un escudo o plataforma de rocas Precámbricas, cuyas edades radiométricas on más viejas que 3.000 millones de años (Halpern, 1970) y, la ANTÁRTICA OCCIDENTAL, que constituye la zona móvil joven (Fairbridge, 1952; Hamilton, 1963; Hurley y Rand, 1969; Craddock, 1970). Ambas provincias han sido denominadas por Adie (1962), como las provincias de Gondwana y la provincia Andina, respectivamente.

LA ANTÁRTICA ORIENTAL O PROVINCIA DE GONDWANA, es un típico escudo continental o plataforma estable, compuesto de un basamento de rocas viejas ígneas y metamórficas, cubiertas por rocas sedimentarias más jóvenes, bien estratificadas y subhorizontales. El basamento es un complejo de rocas metamórficas de alto grado y rocas ígneas intrusivas. Las rocas más abundantes corresponden a gneises de facies de anfibolita y esquistos verdes. Por otra parte, una amplia gama de rocas ígneas intrusivas ha sido descrita, siendo las más comunes las variedades félsicas, tales como los granitos. Existen numerosas dataciones radiométricas que dan edades absolutas que oscilan entre 1.200 y 3.000 millones de años (Halpern, 1970; Craddock, 1970). Sobreyacen a este complejo basal de la Antártica,

una secuencia de rocas volcánicas y sedimentarias de edades que van desde el Devónico hasta el Jurásico. La secuencia sedimentaria se conoce como el Grupo Beacon, y las ígneas como Grupo Ferrar y que alcanzan su máximo desarrollo en las Montañas Transantárticas y esporádicamente en algunas localidades de la costa oriental. Estas secuencias representan las series de Gondwana en la Antártica y son similares a las descritas en los Continentes del Hemisferio Austral.

LA ANTÁRTICA OCCIDENTAL O PROVINCIA ANDINA. En contraste con la provincia de Gondwana, la Andina es un complejo de rocas sedimentarias y volcánicas jóvenes, fuertemente plegadas y afectadas de cierto grado de metamorfismo. Abundan las rocas ígneas intrusivas y volcánicas y su actividad hasta nuestros días caracteriza al Cinturón Orogénico Circumpacífico. Las rocas basales son esencialmente Paleozoicas y se encuentran en fragmentos dispersos que afloran a lo largo de la Península Antártica, en las Tierras de Ellsworth y de Marie Byrd, sobre las cuales se apoyan discordantemente los depósitos sedimentarios y volcánicos Mesozoicos. Los ciclos intrusivos que afectan estas series van desde el Jurásico hasta el Terciario inferior, predominando las intrusiones del Cretácico superior del tipo granitos granodioritas y cuarzo-monzonita. Las rocas volcánicas y sedimentarias del Cenozoico superior sobreyacen subhorizontales o levemente afectadas por la tectónica diferencial de bloques del Plio-Poleistoceno. El volcanismo que se inició en el Terciario en esta región circumpacífica antártica y que continúa hasta hoy con algunos centros activos, como Decepción (González-Ferrán *et al.*, 1970; Baker, 1971; González-Ferrán, 1972), Paulet, Penguin, Erebus, Melrbum, Waesche, Hampton y Berlin, han caracterizado dos grandes provincias petrológicas, una calcoalcalina, que cubre la mayor parte de la Península Antártica, y otra alcalina, que se extiende a lo largo de la Tierra de Marie Byrd y Tierra Victoria (González-Ferrán y Vergara, 1972; González-Ferrán, 1972; Baker *et al.*, 1972).

Aun cuando existe consenso general de considerar el Continente Antártico compuesto por estas dos grandes provincias geológico-tectónicas, recientemente Craddock (1972) y Ford (1972) han propuesto y postulado la existencia de una tercera provincia, que Ford denomina "provincia intermedia del Weddell-Ross", y que estaría separando la Andina de Gondwana por la "falla de Ellsworth" y las Montañas Transantárticas, respectivamente. Dicha provincia se caracteriza por repetidas orogénesis, probablemente desde el Precámbrico hasta el Mesozoico inferior.

Importancia de las provincias geológicas antárticas como fuentes potenciales de recursos minerales

Sólo como una orientación para la consideración de la existencia y localización de posibles recursos minerales en el Continente Antártico, debe tenerse presente que ella forma parte del Continente de Gondwana, y que su sector oriental estuvo en alguna forma conectado con los escudos de Africa del Sur, India y Australia, regiones éstas donde hoy día existen importantes yacimientos metalíferos. En estos núcleos estables y en sus rocas asociadas se ha encontrado oro vetiforme, níquel, hierro, berilio, cromo, asbesto, estaño, tungsteno y tierras raras y, que son los minerales más frecuentes, y algunos de ellos constituyen grandes depósitos, tales como el hierro del tipo itabirita, cuarzo-hematita y jaspelita (Australia, India, Africa y América del Sur); depósitos estratificados de manganeso; conglomerados con minas de oro y uranio, tales como los de Witwatersrand en Sudáfrica; cromo, níquel, cobre, platino y minas titaníferas de magnetita-vanadio en el complejo máfico-ultramáfico de Bushveld en Sudáfrica, y que sería similar a un cuerpo mineralizado recientemente descubierto en las Montañas de Pensacola en la Antártica; menas de cobre y cobalto de Zambia Zaire y menas de plomo, zinc, cobre, plata y oro del Mount Isa y Broken Hill en Australia. También se sabe que en estos escudos de Gondwana la mayor parte de la mineralización no sólo fue precámbrica, sino que también postprecámbrica, como lo demuestran los descubrimientos de importantes yacimientos de carbón asociados con los extensos depósitos sedimentarios continentales del Permo-Carbonífero en Africa, India y Antártica (Montañas Transantárticas); y mineralizaciones menores pero de alto valor comercial, como ocurre con las chimeneas de kimberlita del mesozoico, y que contienen los yacimientos de diamante de Sudáfrica. Por otra parte, en este tipo de ambiente geológico son frecuentes los yacimientos aluviales que constituyen yacimientos de placeres de titanio, oro, zircón y torio.

Con respecto a la Antártica Occidental, dentro del contexto de Gondwana, se ha demostrado que su marco geológico-tectónico Paleozoico, estuvo básicamente ligado o conectado con Sudamérica a través del Geosinclinal de Samfrau (Du Toit, 1937, Dalziel, 1973). Son numerosos los antecedentes geológicos que señalan una evolución común durante el Mesozoico entre la Península Antártica y Sudamérica, cuyo fracturamiento y deriva se habría iniciado según algunos autores (Dalziel *et al.*, 1973) a comienzos del Cenozoico. En consecuencia, las posibilidades de mineralización en esta región an-

tártica son similares a las que existen en la región andina sudamericana. Así, la Península Antártica e islas adyacentes son claramente su continuación, y junto con las Tierras de Ellsworth y Marie Byrd, cierran el cinturón orogénico circumpacífico. Por otra parte, considerando que predominan las rocas volcánicas, sedimentarias e intrusivas de edades que van desde el Jurásico hasta el Terciario y observando que en la región andina de Chile sudamericano, la mayoría de los yacimientos metalíferos ocurre en asociaciones con intrusiones del Cretáceo superior y/o Terciario inferior, de características magmáticas calcoalcalinas, de cuyas variedades granodioríticas y cuarzo-monzoníticas están asociados los grandes depósitos de cobre porfírico; hierro y yacimientos de tipo polimetálicos. Estas condiciones minero-geológicas, parecen ser muy similares en la Península Antártica, y, como un ejemplo, tenemos los recientes descubrimientos en las Montañas de la Costa de Lassister (Rowley *et al.*, 1974).

EL FONDO OCEÁNICO CIRCUMANTÁRTICO

El fondo oceánico que rodea el Continente Antártico, nace más al norte de los 50° de latitud sur, donde los focos sísmicos definen claramente el sistema de dorsales mesoceánicas que limitan la placa antártica.

Los principales rasgos morfológicos del fondo oceánico que circundan el Continente Antártico, han sido resumidos en el mapa batimétrico de Heezen y Tharp (1972), aunque este mapa es muy generalizado, reúne toda la información disponible, producto de numerosos cruceros oceanográficos internacionales y, particularmente, los realizados por USNS ELTANIN, entre los años 1962 y 1972, y que ha sido publicada en casi su totalidad, además de la información geofísica marina producida por los investigadores soviéticos, y que fue publicada en 1966 en el Atlas de la Antártica de la USSR.

Los estudios señalan la existencia de un shelf continental que alcanzaría una superficie del orden de 4 millones de kilómetros cuadrados, y que se extiende costa afuera hasta profundidades de 500 y 900 metros, donde se han acumulado importantes espesores de sedimentos desde el Cretácico hasta el Reciente, las cuales constituyen regiones potencialmente favorables a la generación de hidrocarburos. Mientras que más allá del talud continental, que cae abruptamente a profundidades superiores a los 3.000 metros, y donde se comienzan a desarrollar las planicies abisales que sobrepasan los 4.500 metros de profundidad, las que a su vez se encuentran limitadas por las dorsales mesoceánicas caracterizadas por la actividad ís-

mica y volcánica submarina. En estas últimas zonas se ha observado una delgada cubierta sedimentaria en cuya superficie se han detectado importantes zonas con nódulos de ferromanganeso y polimetálicos y que representan uno de los recursos minerales metálicos costa afuera de cierta importancia en el fondo oceánico antártico.

Los shelf que alcanzan un más amplio desarrollo son los del Mar de Weddell, Mar de Ross, de Bellingshausen y Amundsen y de las Costas de Amery. Las planicies abisales principales se localizan simétricamente alrededor de la Antártica, siendo la de mayores dimensiones la Cuenca del Pacífico Sureste, que tiene alrededor de 11.500.000 km^2; la Cuenca del Atlántico Indico, con un área aproximada de 10.000.000 km^2; la Cuenca del Indico del Sur, con una superficie cercana a los 7.000.000 km^2.

Recursos no renovables

Como resultado de las investigaciones geológicas regionales se ha detectado la presencia u ocurrencia de una amplia variedad de minerales, cuyas características, leyes y concentraciones no se conocen. Sin embargo, de acuerdo con su marco geológico-tectónico, se pueden establecer ciertas provincias metalogénicas comparables con las de otros continentes del Hemisferio Austral, obteniéndose de esta forma una valiosa guía para orientar los estudios de exploración o prospectivos puntuales para determinados recursos minerales. Los posibles recursos minerales reconocidos en la Antártica, pueden agruparse en:

Metálicos, tales como el hierro, cobre, molibdeno, oro, plata, níquel, cromo, cobalto, platino, manganeso, estaño, etc.

No Metálicos, como micas, berilio, cuarzo, grafito, fosfatos, calizas y materiales áridos para construcción, como arenas y ripios y, fundamentalmente, los

Energéticos, entre los cuales están los hidrocarburos, geotérmicos, los depósitos de carbón y de uranio.

A continuación se presenta un resumen de los minerales más importantes descubiertos en la Antártica, y que podrían llegar a constituir yacimientos minerales de cierta importancia para el futuro.

Minerales metálicos

Hierro. Mineralización de hierro, que constituye zonas favorablemente prospectivas, se conocen en numerosas localidades del Continente Antártico. Así, en la Antártica Oriental, a lo largo de la costa

existen numerosos puntos descritos por Ravich *et al.*, 1969, particularmente, en la Tierra de la Reina Maud, se ha detectado la ocurrencia de venillas de magnetita en rocas precámbricas del Monte Humboldt, las que alcanzan potencias superiores a los 100 metros y contienen un 25% de magnetita. En los Picos Gburek se ha encontrado titanomagnetita en conglomerados donde el mineral se presenta en pequeños bolsones lenticulares de 3 por 15 metros. Por otra parte, se han obtenido numerosos rodados de magnetita hasta de 5 kg en las morrenas del Monte Nikolaev. Depósitos de hierro in situ existen en las costas de la Tierra de Enderby y en las colinas de Bunger. Por otra parte, a lo largo de la costa, entre los 78° y 93° de longitud este, en los depósitos morrénicos se ha observado la presencia de numerosos fragmentos de jaspellita, lo cual sería un buen indicativo de la existencia de yacimientos de cierta importancia en las montañas costa adentro, y que se encuentran cubiertas por hielo, como lo ha descrito Solovev (1972).

En las Montañas del Príncipe Carlos, anomalías aeromagnéticas han permitido definir la existencia de un cuerpo mineralizado de hierro con leyes que varían entre 20 y 40% de Fe, y que alcanzarían una extensión del orden de 120 km, con espesor de más de 100 metros.

En la Antártica Occidental, en el extremo de las Montañas Transantárticas, se localizan las Montañas de Pensacola, donde existe quizás uno de los más atractivos prospectos debido al gran potencial económico que presenta el cuerpo intrusivo del Macizo Dufek, y que correspondería a uno de los complejos ígneos estratiformes de rocas ultramáficas más grandes del mundo, de edad jurásica media, de acuerdo con las dataciones radiométricas recientes y que fue descubierta en 1957 (Ford y Boyd, 1968). Por sus características petrológicas y mineralógicas, este macizo es comparable con los de Bushved en Sudáfrica y Shellwater y Sudbury en Norteamérica. En el Macizo Dufek se ha encontrado hierro en concentraciones que podrían ser explotables. El mineral se presenta en la parte superior del cuerpo donde la magnetita alcanza concentraciones de 70 a 80% y varios metros de espesor. En Forrestal Range, las rocas ricas en magnetita de dicho intrusivo presentan concentraciones de vanadio del orden de 2.000 ppm. Se ha estimado que este interesante complejo ígneo está relacionado con la intrusión dolerítica de Ferrar, que se extiende a lo largo de las Montañas Transantárticas. Geólogos neozelandeses han informado haber descubierto un cuerpo ígneo similar

en la región de la Tierra Victoria, en el otro extremo de las Montañas Transantárticas, pero no se conocen detalles publicados.

Finalmente, en el área de la Península Antártica, geólogos chilenos, con el patrocinio del Instituto Antártico Chileno, han encontrado zonas mineralizadas con hierro magmático. Alarcón *et al.*, 1976, describen la presencia de magnetita en lavas pleistocénicas de la Isla Brabante, que sería similar a los yacimientos del Laco, que existe en la alta cordillera andina de Antofagasta, en el norte de Chile.

Cobre. La mayoría de las manifestaciones de cobre en la Antártica se han localizado en el sector occidental, particularmente en el área de la Península Antártica e islas adyacentes. La mineralización de cobre corresponde a las del tipo de "cobre porfírico" de baja ley y gran volumen, presente en cuerpos intrusivos de dioritas monzoníticas del Cretáceo medio a Terciario, similares en su marco geológico-tectónico a las de la región andina sudamericana, donde se encuentran los grandes yacimientos de cobre de Chile, pero con una diferencia, que en la Antártica no se han encontrado hasta la fecha, zonas de enriquecimiento secundario. La Península Antártica es geológicamente una clara continuación de los andes sudamericanos, y, por lo tanto, parte de los depósitos de cobre circumpacífico. Son numerosas las áreas con mineralización de cobre descritas en esta región de la Antártica, y cuyos puntos de hallazgo constituyen valiosas áreas prospectivas para el futuro. De todas ellas, el prospecto más importante estudiado hasta ahora se encuentra en la costa de Lasssiter en el extremo sureste de la Península Antártica, y está siendo ampliamente estudiado por los geólogos del Servicio Geológico de los Estados Unidos (Rowley *et al.*, 1974). Este cuerpo mineralizado está representado por una serie de nunatak que afloran sobre el Plateau a 1.500 y 2.000 metros sobre el nivel del mar y corresponden a apófisis del intrusivo granodiorítico-cuarzo monzonítico, de edades potasio argón que varían entre 99 y 119 millones de años. Se han estudiado áreas que presentan alteraciones hidrotermales y una mineralización de calcopirita, malaquita, crisocola, azurita, molibdenita y pirita. Estos depósitos de cobre de la costa de Lassister muestran importantes afinidades con los típicos depósitos de cobre molibdeno porfírico.

Otra zona importante y con perspectivas económicas es la reconocida en el Archipiélago de Palmer, donde geólogos chilenos (Alarcón *et al.*, 1976) han descrito una importante área mineralizada. Hooper (1962) ha señalado la presencia de malaquita en Green Spur en Isla Anvers y Del Valle *et al.*, 1974, describen manifestación cupro-plumbífera, en la Isla Livingstone, Shetland del Sur.

Oro y Plata. Las ocurrencias de oro y plata que se han descrito hasta ahora no son significativas; ellas oscilan entre 2 y 10 ppm. Las localidades más comunes donde se han encontrado estas trazas son en varios puntos de la Península Antártica, como lo ha señalado Knowles (1945), en la Tierra Adelie y en algunos puntos de la costa de la Antártica Oriental (Ravich *et al.*, 1968), y en algunos puntos de la Tierra Victoria.

Molibdeno. La existencia de este mineral en la Antártica Oriental ha sido señalada por Ravich *et al.*, 1968; las ocurrencias de mayor importancia se presentan en algunas localidades de la Antártica Occidental, donde está asociada con la mineralización de cobre porfírico en las localidades de Anvers, Stonington y Lassister en la Península Antártica (Knowles, 1945; Rowley *et al.*, 1974).

Manganeso. Algunos autores han señalado la existencia de manganeso en muestras provenientes del área de Bahía Margarita (Knowles, 1945) y Tierra de Wilkes (Stewart, 1964).

Estaño. Sólo se conoce su existencia como granos detríticos de casiterita, presentes en areniscas del Paleozoico.

Platino, Níquel, Cromo y Cobalto. Estos minerales están presentes en forma de trazas en el macizo ultramáfico de Dufek, en las Montañas de Pensacola. Los análisis efectuados hasta la fecha indican que la abundancia de trazas de estos metales son similares a las descritas para otras intrusiones estratiformes en el mundo, y que son de un alto valor económico. Las cantidades de cromo y níquel generalmente oscilan entre 100 y 500 ppm. Los minerales del grupo del platino alcanzan cantidades máximas de 0,03 a 0,05 ppm en las rocas que tienen abundante magnetita. También Kosak (1955) ha señalado su ocurrencia en rocas ígneas máficas en las Islas Shetland del Sur.

MINERALES NO METÁLICOS

Micas. Predominan en la Antártica Oriental. Ravich y Solovev (1969) describen, entre otros puntos, las Montañas de Humboldt, donde existen diques pegmáticos en rocas precámbricas que contienen abundantes cristales de flogopita de hasta 20 centímetros de largo.
Berilio. Ravich *et al.*, 1968, han informado y descrito la existencia de cristales de berilio asociados con turmalina y apatita en diques pegmáticos alterados, en la región de la Tierra de la Reina Maud.
Cuarzo. También en numerosas localidades de la Antártica Oriental

se han encontrado abundantes cristales de cuarzo, los cuales, en algunos casos, alcanzan 25 cm de largo.

Gráfito. Se han encontrado en rocas pegmáticas y sus cristales alcanzan un diámetro hasta de 2 cm, según ha sido descrito por geólogos soviéticos.

Fosfatos. Su existencia se ha detectado en las Montañas de Pensacola, donde areniscas del Paleozoico medio contienen lentes irregulares de apatita (Wright y Williams, 1974).

Calizas y Mármol Blanco. Numerosos afloramientos de calizas de edades mesozoicas, existen en diferentes puntos de la Península Antártica, algunos de los cuales podrían constituir importantes yacimientos. Calizas marmorizadas y mármol blanco puro, grueso, ha sido descrito por Fleet (1965) en la región septentrional de la Península Antártica, cerca del glaciar Hektoria.

Recursos energéticos

Dentro de este grupo se consideran fundamentalmente los combustibles fósiles, como son yacimientos de hidrocarburo y gas que existirían principalmente en la plataforma continental, costa afuera; los depósitos de carbón asociados con los sedimentos continentales pérmicos; la energía geotérmica, cuyos campos más factibles se presentan a lo largo de la Antártica Occidental, asociada a los centros volcánicos activos y, en general, a las áreas volcánicas plio-pleistócenas. Se consideran dentro de este grupo los minerales de uranio, pero sorprendentemente las ocurrencias de uranio se encuentran casi ausente en la literatura, sólo se ha señalado la existencia de euxenita como mineral accesorio en pegmatitas precámbricas en el área de Lutzow-Holm (Saito y Sato, 1964), también se ha informado de una posible existencia de minerales radiactivos en la Tierra de Adelie.

Carbón. La existencia de depósitos de carbón fue, quizás, uno de los primeros recursos minerales detectados en la Antártica, a comienzos de siglo, por los primeros exploradores polares. La mayoría de los afloramientos carboníferos se encuentran a lo largo de las Montañas Transantárticas y en numerosos puntos de la Costa Oriental, asociados a las series sedimentarias pérmicas. Estos depósitos de carbón parecen haberse formado en pantanos poco profundos en llanuras arenosas. Así, el carbón se encuentra alternado con las areniscas pérmicas que alcanzan espesores superiores a los 500 metros, mientras que las capas de carbón varían desde algunos centímetros hasta 5 metros de potencia, son lenticulares y nunca alcanzan ex-

tensiones superiores a los 2 kilómetros, pero la mayoría de las capas se extienden horizontalmente por menos de un kilómetro. Los depósitos carboníferos aparentemente van desde bitúmenes poco volátiles hasta carbones antracíticos. Estos yacimientos carboníferos, si bien por el momento no representan valores de interés comercial, pueden ser altamente significativos en la producción de energía local en el propio territorio antártico.

Energía Geotérmica. Dada la constitución geológica de la Antártica Occidental, donde el volcanismo cenozoico superior alcanza un amplio desarrollo desde mioceno hasta el presente, como lo demuestran algunos centros volcánicos activos como Decepción, Penguín, Erebus, Melbourne, Waesche, Hampton y Berlín, están señalando la proximidad a la superficie de importantes cámaras magmáticas que estarían liberando un flujo térmico importante, el cual es susceptible de ser prospectado como fuente de energía. El aprovechamiento de este tipo de energía geotérmica debe tenerse como una fuente importante de energía local para el desarrollo futuro de la Antártica.

Las áreas más atractivas para este tipo de prospecciones son la Tierra Victoria, particularmente los centros volcánicos de Melbourne y Erebus, este último en la Isla Ross; las cadenas volcánicas plio-pleistócenas de la Tierra de Marie Byrd; los centros volcánicos de las Shetland del Sur (Decepción, Penguín, Bridgeman) y la isla Paulet en el extremo septentrional de la Península Antártica. Existen numerosos estudios detallados de las características geológicas, petrográficas y químicas de estos centros volcánicos, y cuyos resultados han permitido definir la existencia de dos grandes provincias petrológicas, una calcoalcalina, que caracteriza la región de la Península Antártica y es muy similar al volcanismo de la región andina sudamericana, y la provincia alcalina, que caracteriza las Tierras de Marie Byrd y Victoria (González-Ferrán y González-Bonorino, 1972; González-Ferrán y Katsui, 1971; González-Ferrán *et al.*, 1971; Baker *et al.*, 1972; González-Ferrán y Vergara, 1972).

Petróleo y Gas. Los hidrocarburos son quizás el recurso no renovable más atractivo de la región Antártica. Al descubrirse su posible xistencia y conjuntamente con la crisis mundial de recursos energéticos, se ha desencadenado una terrible presión de carácter político-económico sobre y entre los países firmantes del Tratado Antártico, agitando la armoniosa paz que se vivía dentro del Tratado y, aun más, esta presión se ha dejado sentir en el medio científico, que se ha visto forzado, alterando la tranquilidad y el tiempo que necesitan

la investigación científica, para dar urgente respuesta a numerosas consultas del Tratado y evaluar la verdadera magnitud del potencial de hidrocarburos que existirían en dicho continente y en sus plataformas marinas adyacentes, todo esto con la enorme limitante que existe por la falta de datos cuantitativos. Esto ya ha motivado la entrega de varios informes que tratan de cuantificar, teorizar, valorizar, etc., dichos recursos. Entre ellos, cabe mencionar los estudios realizados por Wright y Williams (1974); el informe del SCAR a la Reunión Preparatoria Especial del Tratado, efectuado en París en 1976, y el informe de la National Petroleum Council (NPC), órgano oficial de asesoramiento del Gobierno de los Estados Unidos, y que fuera entregado como documento oficial en la reunión de París por Estados Unidos, con el título: "Tecnología de las perforaciones y producción submarina". Por otra parte, en la actualidad se encuentra trabajando un grupo de expertos designados recientemente por el SCAR Internacional, organismo dependiente del Consejo Internacional de Uniones Científicas, y que funciona con el título de de EAMREA (SCAR Group of Specialists on Environmental Impact Assessment of Mineral Resource Exploration/Explotation in the Antarctica).

Basado en lo anterior, se señalan las siguientes posibilidades de hidrocarburos en la Antártica.

En el continente propiamente tal, las condiciones geológicas, en general, son favorables para la conservación del petróleo y gas; las secuencias sedimentarias están fuertemente plegadas e instruidas por numerosas rocas ígneas que las han fracturado, alterado y metamorfizado. Sin embargo, la única región que podría presentar perspectivas favorables en tierra firme es la secuencia sedimentaria Cretácica-Terciaria que aflora en la Isla James Ross, en el sector septentrional de la Península Antártica, y que tendría una potencia entre 3.000 y 4.000 metros. Otros sectores atractivos podrían ser las cuencas de Wilkes y la depresión de Bentley.

La mayor posibilidad de existencia de hidrocarburos hay que buscarla costa afuera en la plataforma continental, que al igual que en los continentes del Hemisferio Austral, cabe suponer que la plataforma continental antártica está constituida por potentes espesores de sedimentos no alterados. Confirman esta idea los datos fragmentarios recogidos hasta ahora en estudios de geología marina, como son las perforaciones y estudios del Glomar Challenger en el Mar de Ross (Hayes, 1973), en los mares de Amundsen y Bellingshausen (Herron, 1976), y recientemente la exploración noruega

(1976-1977) en el Mar de Weddell, que señala haber determinado espesores de sedimentos superiores a los 5.000 metros (T. Gjelsvik, información verbal, 1977).

A la fecha, las perforaciones con fines científicos realizadas en el Mar de Ross son las únicas que detectaron la presencia de metano y etano (Hayes, 1973).

Parece ser que la plataforma continental antártica podría contener petróleo potencialmente recuperable en un orden de magnitud de varias docenas de miles de millones de barriles, pero es menos probable que existan cantidades aún mayores, así como también podría ser que no existan recursos potencialmente recuperables. Según los datos actualmente disponibles, las zonas más prometedoras son la sección Mesozoica-Cenozoica de la cuenca del Mar de Weddell, de la cuenca del Mar de Ross, la cuenca subyacente a la Barrera de Hielo de Amery, el Mar de Bellingshausen y el Mar de Scotia.

El Mar de Weddell

Las características geológicas de la plataforma continental del Mar de Weddell son poco conocidas; pero es posible que puedan deducirse de afloramientos cercanos en tierra. En la isla James Ross, aparecen 5.000 m de sedimentos clásticos clásicos continentales y marinos del Cretáceo superior cubiertos por una potente serie Terciaria. Esta sección contiene buenas rocas de reservorio y de recubrimiento, así como esquistos que podrían ser buenas rocas madre. Leve plegamiento podrían constituir trampas tectónicas. Bajo gran parte de la plataforma podrían existir sedimentos continentales que van desde el Cretáceo superior hasta sedimentos detríticos marinos recientes.

La profundidad del agua en la plataforma continental del Mar de Weddell no se conoce con precisión, porque el acceso de los buques es difícil. Sin embargo, se cree que las profundidades en casi toda la plataforma oscila entre 200 y 500 metros. Los témpanos permanentes se extienden sobre la mayor parte de esta zona hasta superar la curva batimétrica de 1.000 metros. Las únicas excepciones están constituidas por estrechas zonas a lo largo de los canales costeros cerca de la Península Antártica, donde en febrero se forma cierta cantidad de agua de fusión de hielo.

Mar de Ross

La plataforma continental del Mar de Ross comprende, sobre todo, sedimentos glaciomarinos del Oligoceno al Holoceno. Esta sección,

que es de unos 2.000 metros de espesor, contiene algunos estratos de areniscas permeables. Existen amplios plegamientos en los que puede haber trampas tectónicas. Se han obtenido indicios de metano en tres de los cuatro pozos de perforación en la parte central del mar y cerca de McMurdo Sound y se encontró etano en uno de los pozos perforados, pero no se conoce la importancia de estos indicios de gas que nos demuestren necesariamente la presencia de cantidades más grandes de hidrocarburos. Por debajo de la sección terciaria los materiales de basamento se conocen muy poco, ya que se ha hecho sólo un muestreo en un lugar donde hay rocas cristalinas metamórficas. En los demás lugares, pueden encontrarse sedimentos más antiguos análogos a los de las Montañas Transantárticas. Caracterizan el área montañosa secciones sedimentarias de gran potencia, cuya edad va desde el Precámbrico superior hasta el Mesozoico.

La mayor parte de la plataforma continental en el Mar de Ross, tiene profundidades de agua entre 200 y 1.000 metros. Sólo áreas muy reducidas tienen menos de 200 metros de profundidad. Aunque todo el mar está cubierto de témpanos la mayor parte del año, durante un mes o más en el verano se forma agua en casi toda la superficie. Incluso las grandes masas discontinuas de hielo flotante se hallan típicamente presentes en una zona que separa el área libre de hielos del mar abierto y los icebergs de la superficie podrían ejercer fuertes presiones en cualquier tipo de instalaciones superficiales que no se hayan movido con el hielo.

Mar de Bellingshausen

Durante todo el año el mar se halla normalmente cubierto de montones de hielos flotantes, excepto en una estrecha faja que bordea la costa (Tierra de Ellsworth), que está libre o casi libre de hielo, en el mes de febrero. La profundidad a lo largo de la plataforma continental varía casi exclusivamente de 200 a 1.000 metros.

Cabe suponer que por debajo de la plataforma continental del Mar de Bellingshausen se extienden sedimentos terciarios análogos a los de la zona del Mar de Ross. Hasta ahora, las perforaciones han atravesado sólo unos 300 metros del Plioceno, y arcilla más joven y arcilla limosa frente a la costa de la Isla de Thurston, así como sedimentos clásticos terrígenos del Oligoceno al Plioceno frente a la costa de la Península Antártica. En estas muestras no aparecieron indicios de hidrocarburos gaseosos. La geología de las regiones terrestres incluye principalmente materiales del Mesozoico y del Ter-

ciario, y materiales sedimentarios y volcánicos análogos a los de los andes sudamericanos.

Mar de Scotia

Sólo una parte del extremo meridional de este mar se halla situado al sur de los 60º. La geología marina del Mar de Scotia se conoce muy poco, debido en gran parte, probablemente, a las inclemencias del tiempo y a la mar gruesa que caracterizan a esta región. Las condiciones meteorológicas obligaron al abandono anticipado de una de las perforaciones de sondeo proyectadas. La geología de las áreas de la plataforma continental es probablemente análoga a la del Mar de Bellingshausen.

Barrera de Hielo de Amery

La Barrera de Hielo de Amery se reduce en parte a un fiordo. Los datos sísmicos indican la presencia de 3.500 metros de sedimentos. Los afloramientos terrestres incluyen 500 metros de areniscas pérmicas. Este sector de la Antártica es análogo al de las cuencas costeras de la India, Africa Occidental y Brasil. La presencia de rocas calcáreas procedentes de arrecifes y esquistos bituminosos indican la posibilidad de que existan rocas madre de petróleo.

Otros Recursos Costa Afuera

El piso oceánico que rodea al Continente Antártico, además de los posibles hidrocarburos, contiene apreciables recursos metálicos, en forma de depósitos de nódulos de fierro y manganeso en las planicies abisales y probablemente depósitos de placeres en áreas sumergidas cercanas a las costas actuales.

También es posible la existencia de fosfatos en forma de pequeños nódulos o de pelets asociados con sedimentos finos del fondo oceánico, cuyo origen estaría en la surgencia de aguas frías profundas cargadas de nutrientes, como sucede a lo largo de la región costera de Chile y en Nueva Zelandia.

Nódulos de Manganeso. Los nódulos y costras de manganeso de los fondos oceánicos han tenido una enorme atención publicitaria últimamente, donde se le considera una importante reserva de recursos metálicos no sólo por el manganeso, sino por su alto contenido en hierro, cobre, níquel, cobalto y, en menor proporción, vanadio, molibdeno, plomo, zinc, titanio, aluminio y zircón. El mayor atractivo industrial lo presentan los nódulos polimetálicos de cobre, ní-

quel y cobalto. Hasta la fecha las áreas de mayor concentración se encuentran fuera de la región antártica, en una franja de unos 200 kilómetros de ancho por 1.000 kilómetros de largo al sureste de Hawaii. Se ha estimado que la concentración de cobre que existiría en estos nódulos del fondo oceánico, representarían un tonelaje varias veces las reservas de las minas de cobre más grandes del mundo actualmente en explotación.

Goodell *et al.* (1971), han estudiado y examinado los depósitos de nódulos de fierro y manganeso en el Pacífico Sur y Mar de Scotia. Se ha reconocido la existencia de concreciones ferromagnesianas alrededor de la Antártica en una capa de más o menos 500 km de ancho, y a profundidades que oscilan entre 1.000 y 5.000 metros. Estos depósitos están asociados a la actividad volcánica submarina. Ellos consisten en óxidos hidratados de fierro y manganeso depositados conjuntamente con fragmentos terrígenos y biológicos, que tienen como núcleo fragmentos volcánicos o clastos de origen glaciar.

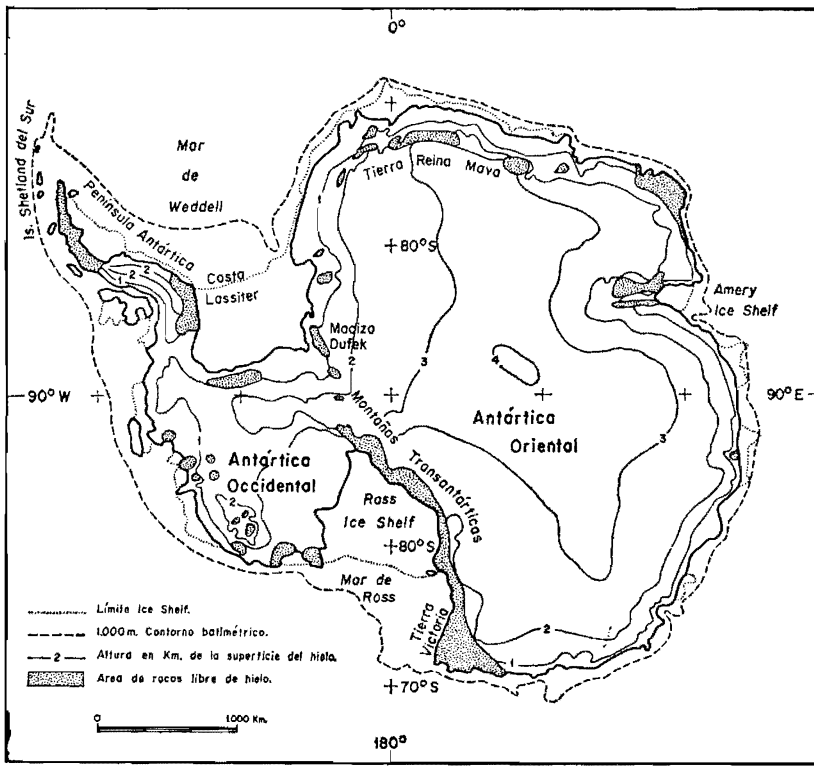


Fig. 1

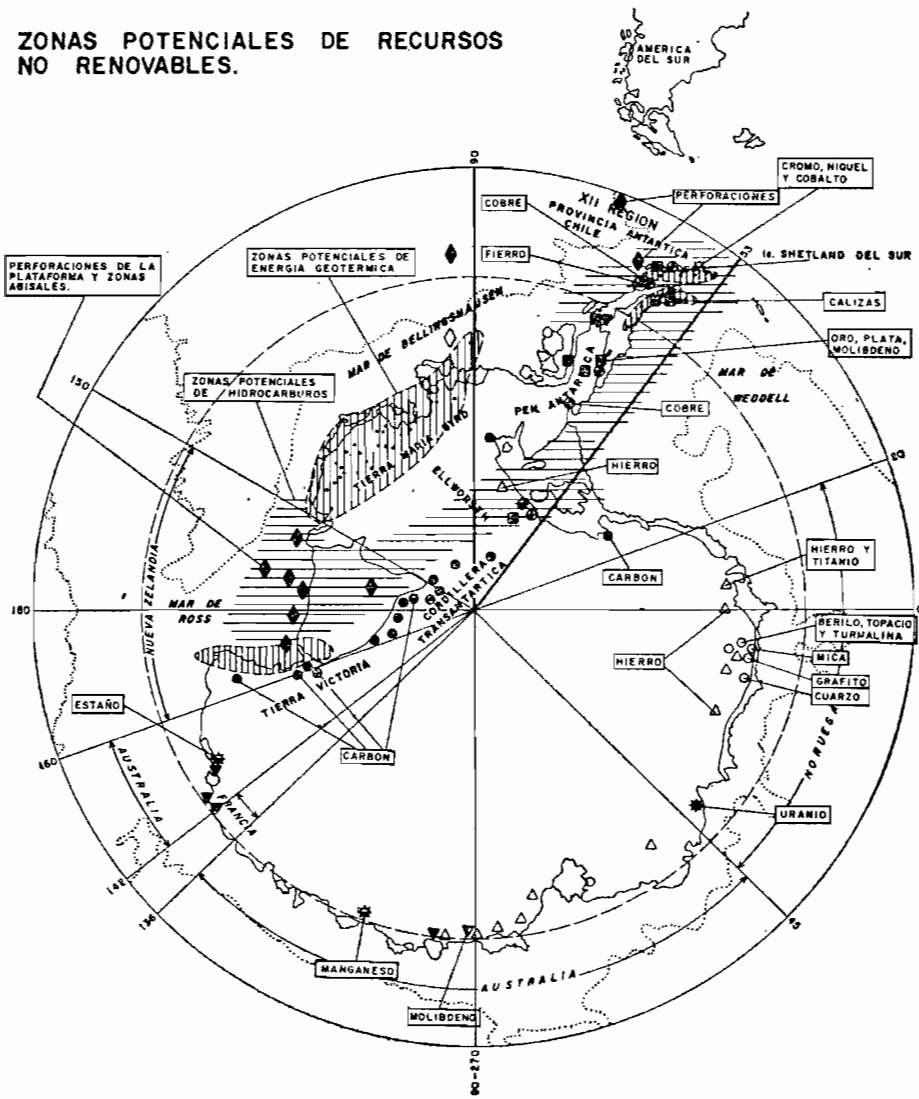

ZONAS POTENCIALES DE RECURSOS NO RENOVABLES.
AMERICA DEL SUR
CROMO, NIQUEL Y COBALTO
PERFORACIONES
COBRE
XII REGION PROVINCIA ANTARTICA CHILE
FIERRO
Is. SHETLAND DEL SUR
PERFORACIONES DE LA PLATAFORMA Y ZONAS ABISALES.
ZONAS POTENCIALES DE ENERGIA GEOTERMICA
CALIZAS
MAR DE BELLINGSHAUSEN
ORO, PLATA, MOLIBDENO
ZONAS POTENCIALES DE HIDROCARBUROS
PEN. ANTARTICA
MAR DE WEDDELL
COBRE
TIERRA MARIE BYRD
ELLSWORTH
HIERRO
HIERRO Y TITANIO
CARBON
MAR DE ROSS
CORDILLERA TRANSANTARTICA
BERILO, TOPACIO Y TURMALINA
NUEVA ZELANDIA
HIERRO
MICA
GRAFITO
TIERRA VICTORIA
CUARZO
ESTAÑO
CARBON
AUSTRALIA
FRANCIA
URANIO
MANGANESO
AUSTRALIA
MOLIBDENO
CONTINENTE ANTARTICO

Fig. 2

MAPA ESQUEMATICO DE LAS AREAS POTENCIALES DE HIDROCARBUROS EN LA ANTARTICA

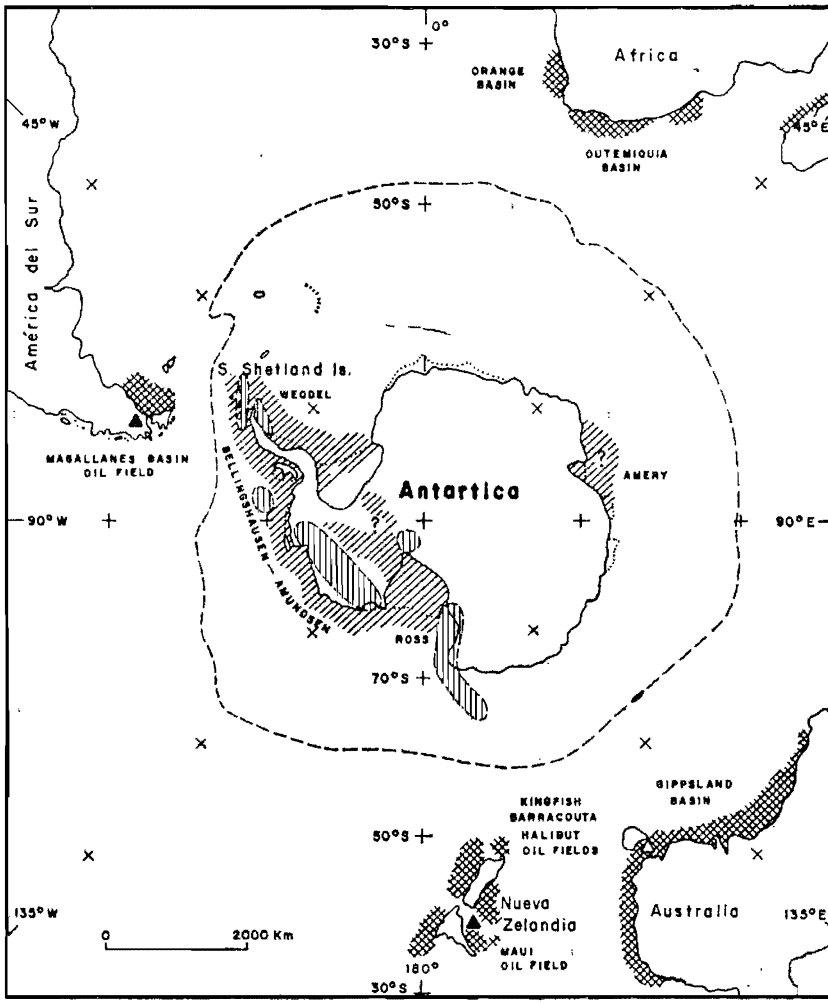


Fig. 3

LIMITE DE HIELO CONTINENTAL

CONVERGENCIA ANTARTICA

CAMPOS PRODUCTORES DE PETROLEO

AREA DE EXPLORACION

AREA POTENCIAL DE EXPLORACION EN LA ANTARTICA.

AREA DE RECURSOS GEOTERMICOS

BIBLIOGRAFIA

ADIE, R. J. (Editor), 1972. Antarctic Geology and Geophysics, Universitetsforlaget, Oslo, pp. 1-876.

ALARCÓN, B., J. AMBROS, L. OLCAY y C. VIEIRA, 1976. Geología del Estrecho de Gerlache entre los paralelos 64° y 65° Lat. Sur, Antártica Chilena. Inst. Ant. Ch., Ser. Cient. Vol. 4, Nº 1, pp. 7-51.

BAKER, P. E.; I. Mc REATH; M. R. HARVEY; M. J. ROOBAL and T. G. DAVIES, 1975. The Geology of the South Shetland Islands: V. Volcanic evolution of Deception Island. Brit. Ant. Surv. Sc. Rep. Nº 78, pp. 1-81.

BAKER, P. E.; O. GONZALEZ-FERRAN and M. VERGARA, 1976. Geology and Geochemistry of Paulet Island and the James Ross Island Volcanic Group. In Gonzalez-Ferrán: Andean and Antarctic Volcanology Problems. IAVCEI Special Series, Napoli, pp. 39-47.

CRADDOCK, C., and others, 1970. Geologic Maps of Antarctica. Folio 12, Antarctic Map Folio Series, Amer. Geor. Soc. New York.

CRADDOCK, C., 1972. Geologic Map of Antarctica, 1:5000.000, Amer. Geogr. Soc. New York.

CEEER, K. M., 1967. A synthesis of world-wide paleomagnetic data. In Runcoru, S. K. ed., Mantles of the earth and terrestrial planets. John Wiley and Sons, N. Y. pp. 351-381.

DALZIET, I. W. D. and D. H. ELLIOT, 1973. The Scotia Arc and the Antarctic margin In Naien, A. E. M. and F. G. Stehli eds. The ocean basins and margins V. 1: New York, Plenum. pp. 171-246.

DEL VALLE, R., J. HORELLI y C. RINALDI, 1974. Manifestación Cuprofero Plumbífero "Don Bernabe", Isla Livingstone, Islas Shetland del Sur, Antártida. Inst. Ant. Arg. Contri. Nº 175, pp. 1-35.

DU TOIT, A., 1937. Our Wandering Continents, Oliver and Boyd. Ed. Edinburgh, pp. 1-366.

FAIRBRIDGE, R. N., 1952. The Geology of the Antarctic. In Simpson, F. A., ed., The Antarctic today. Wellington, N. 2, A. H. and A. W. Reed., pp. 56-101.

FLEET, M., 1965. Metamorphosed limestone in the Trinity Peninsula Series of Graham Land: Brit. Ant. Surv. Bull. 7., pp. 73-76.

FORD, A. B., 1972. Fit of Gondwana continents - drift reconstruction from the Antarctic continental viewpoint; Inter. Geol. Cong., 24th Montreal Proc. Sec. 3, pp. 113-121.

FORD, A. B. and W. W. Boyd, Jr., 1968. The Dufek intrusion, a major stratiform gabbreic body in the Pensacola Mountains, Antarctica. Intern. Geol. Congr. 23d., Prague Rept. Proc. Sec. 2, pp. 213-228.

FRAKES, L. A., 1966. Geologic setting of South Georgia Island. Geol. Soc. Am., Bull., 77, pp. 1.463-1.468.

GONZÁLEZ-FERRÁN, O. y Y. KATSUI, 1970. Estudio integral del volcanismo cenozoico superior de las Islas Shetland del Sur, Antártica. Inst. Ant. Chil., Ser. Cient. Vol. 1, Nº 2, pp. 123-174.

GONZALEZ-FERRAN, O., MUNIZAGA, F. y MORENO, H., 1971. 1970, Eruption at Deception Island: Distribution and Chemical Features at Ejected Material, Ant. Jour. of the U.S. Vol. VI, Nº 4, pp. 97-98.

GONZALEZ-FERRAN, O., 1972. Distribution, Migration and Tectonic Con-

trol of Upper Cenozoic Volcanism in West Antarctica and South America. In Adie: Geol. and Geoph. Universitetsforlaget, Oslo, pp. 261-275.

GONZALEZ-FERRAN, O. y GONZALEZ-BONORINO, F., 1972. The Volcanic Rangers of Maric Byrd Land between 100º and 140º W. In Adie. Antarc. Geol. and Geoph. Universitets for laget, Oslo, pp. 261-275.

GONZALEZ-FERRAN, O. y VERGARA, M., 1972. Post-Miocene Volcanic Petrographic Provinces of West Antarctica and their Relation to the Southern Andes of South America. In Adie: Antarc. Geol. and Geoph. Universitetsforlaget, Oslo, pp. 187-194.

GOODOLL, H. G., 1973. Marine Sediments of the Southern Ocean. Ant. Map. Folio Series-Folio 17, Amer. Geogr. Soc. New York.

HALPERN, M., 1970. Evidence for Gondwanaland from a review of West Antarctic radiometric ages. In Quam, L. O., ed., Research in the Antarctic: Washington, Amer. Assoc. Adv. Sci., pp. 717-730.

HALPERN, M., GONZÁLEZ-FERRÁN, O., 1973. Edad del Volcán Andrus y relación inicial Sr.87/Sr86 de rocas volcánicas de Tierra Maria Byrd e Islas Shetland del Sur, Antártica. Revista Brasileira de Geociencias, Nº 3, pp. 141-148.

HAMILTON, W., 1963. Antarctic tectonics and continental drift. In Polar wandering and continental drift. Soc. Econ. Paleont. and Mineral, spec. publ. 10, pp. 74-93.

HAYES, D. E. and others, 1973. Leg. 28 deep-sea drilling in the southern Ocean: Geotimes, V. 18, Nº 6, pp. 19-24.

HEEZN, B. C. M., THARP AND CH. B. BENTLEY, 1972. Morphology of the Earth in the Antarctic and Subantarctic. Ant. Map. Folio Series — Folio 16 Amer. Geogr. Soc. New York.

HEIRTZLER, J. R., AND P. R., VOGT, 1971. Marine magnetic anomalies and their bearing on polar wandering and continental drift. EOS. Trans. Am. Geophys Union, 52, pp. 220-224.

HERRON, E. M. AND B. E. TUCHALKE, 1969. Sea-floor magnetic patterns and basement structure in the Southeastern Pacific. In: Craddock C. *et al.* Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project. V. XXXV, Washington, pp. 263-278.

HOOPER, P. R., 1962. The petrology of Anvers Island and adjacent islands. Falk. Is. Depen. Surv. Sci Rep. 34, pp. 1-69.

HURLEY, P. M., AND J. R., RAND, 1969. Pre-drift continental nuclei. Science, 164, pp. 1229-1242.

KNOWLES, P. H., 1945. Geology of Southern Palmer Peninsula, Antarctica: Am. Philos. Soc. Proc. v. 89, pp. 132-145.

PITMAN, W. C., 1971. Sea-floor spreading and plate tectonics. EOS, Trans. Am. Geophys Union 52., pp. 130-135.

POTTER, N., 1969. Natural Resource Potentials of the Antarctic, Amer. Geogr. Soc. New York, pp. 1-97.

RAVICH, M. G., AND D. S., SOLOVEV, 1969. Geology and Petrology of the mountains of Central Queen Maud Land; (Eastern Antarctica). Terus, Israel Program Sci. Trans. pp. 1-348.

RAVICH, M. G.; L. V. KLIMOV AND D. S. SOLOVEV, 1968. The Pre-Cambrian of East Antarctica: Jerusalem Israel

Program Sci. Translations, pp. 1-475.

ROWLEY, P. D.; P. L. WILLIAMS; D. L. SCHMIDT AND R. L. REYNOLDS, 1975. Copper Mineralization along the Lassister Coast of the Antarctic Peninsula. Economic Geology. Vol. 70, pp. 982-992.

SAITO, N., AND K., SATO, 1964. On the age of euxenite from Antarctica. In Adie, ed. Antarctic Geology, Amsterdam, North Holland Pub. Co., pp. 590-596.

SCHOPT, J. M., 1970. Relation of floras of the southern hemisphere to continental drift. Taxon, 19, pp. 657-674.

STEWART, D., 1964. Antarctic mineralogy. In. Adie. R. J. ed. Antarctic Geology. Amsterdam, North-Holland Pub. Co., pp. 395-401.

SVESS, E. (1904-1924). The Face of the Earth, Translated by H. B. C. Solles Clarendon Press, Oxford, 5 Vols.

WEGENER, A., 1966. The origin of the continents and oceans. Dover, New York, pp. 1-246.

WRIGHT, N. A., AND P. L., WILLIAMS, 1974. Mineral Resources of Antarctica. U. S. Geological Survey. Circular 705. pp. 1-29.

GEOLOGIA ECONOMICA DEL ESTRECHO GERLACHE ENTRE LOS PARALELOS 64° Y 65° LATITUD SUR, ANTARTICA CHILENA

Boris Alarcón F.
Profesor del Departamento de Geología de la Universidad de Chile

Resumen

La Antártica abre un camino de expectativas y posibilidades futuras económicas en el campo minero, amplio y variable, recursos energéticos, metálicos y no-metálicos.

El descubrimiento de yacimientos tipo energéticos: radiactivos y petróleo, podrían ser factibles de explotación en forma inmediata.

En cambio la mayoría de los yacimientos metálicos y no-metálicos en la Antártica en este momento no ofrecen expectativas económicas rentables.

Existe una alta probabilidad de existencia de yacimientos tipo cobre porfírico, sin embargo, debido a la cuasi imposibilidad de enriquecimiento secundario en la zona, dadas sus características paleoclimáticas, la importancia económica de este tipo es escasa, salvo que estuviera relacionada con otros metales, como molibdeno, oro, plata, de los cuales no se han encontrado indicios hasta ahora.

Yacimientos de fierro con mineralización tipo Laco carecerían de valor económico debido a su ubicación, sin embargo, la ocurrencia de fierro magmático es recién objeto de estudio y se pueden esperar relaciones de fierro con otros elementos como cadmio, vanadio, tungsteno, titanio, éstos podrían eventualmente valorizar el yacimiento.

Este informe en gran medida corresponde a un apartado del informe del INACH titulado "Geología del Estrecho Gerlache entre los paralelos 64° y 65° latitud sur, Antártica Chilena" (Alarcón, Ambrus, Olcay, Vieira); es un trabajo realizado a escala regional 1:200.000 de ambos lados del Estrecho de Gerlache, efectuando un estudio geoeconómico, definiendo áreas de futuro interés.

En la zona fueron estudiados y clasificados los diferentes tipos de rocas existentes: las rocas estratificadas que se dividieron en cinco formaciones que datan desde el Triásico hasta el Pleistoceno, y las rocas intrusivas se clasificaron en tres grupos que datan desde el Paleozoico al Terciario.

La zona ha sido afectada por esfuerzos tectónicos de distinta orientación y edad, una tectónica de rumbo NNW antigua, que se ma-

nifiesta por fallamiento y plegamiento de las rocas de la Costa de Danco, una tectónica intermedia paralela al Estrecho de Gerlache, y una moderna transcurrente que afecta hasta las rocas terciarias.

Desde el punto de vista metalogénico, se describieron cuatro áreas de interés económico, comprendiendo indicios de los siguientes tipos de yacimientos:

Cobre vetiforme; polimetálicos de cobre, plomo, cinc, cobres porfíricos y hierro magmático.

DIFICULTADES

Es difícil efectuar cualquier trabajo de Geología, ya se trate de un estudio de detalles o a escala regional.

El área presenta un relieve muy accidentado. Sin el apoyo de helicópteros habría sido imposible realizar este trabajo.

Los afloramientos corresponden en su mayor parte a acantilados o pendientes escarpadas. En todo caso, tanto la geología regional como la geología económica, corresponden a estudios y muestreos de orillas de costa o las partes periféricas de las islas estudiadas.

La gruesa capa de hielo impide un estudio sistemático hacia el interior del continente.

UBICACIÓN

La ubicación, como indica la Fig. 1, corresponde a un área puntual, no mayor de 10 x 120 km en ambos lados del Estrecho de Gerlache.

OBJETIVO

El objetivo de este trabajo, es dar a conocer un reconocimiento geológico económico preliminar del área, a escala 1:200.000 efectuado en la xxx Comisión Antártica.

ÁREA EN EL ESTUDIO

El área estudiada comprende la Costa de Danco (desde Cabo Tiné a Cabo Williams). La costa oriental de la Isla Anvers (excluyendo Punta Iceberg a Punta Van Ryswyck) y las Islas Doumer, Wiencke, Brabante, Jennie, Alice y el Archipiélago Melchior.

GEOLOGÍA REGIONAL

En el área estudiada afloran diferentes tipos de rocas: estratificadas (volcánicas y sedimentarias) y rocas intrusivas. Las primeras fueron divididas en cinco formaciones.

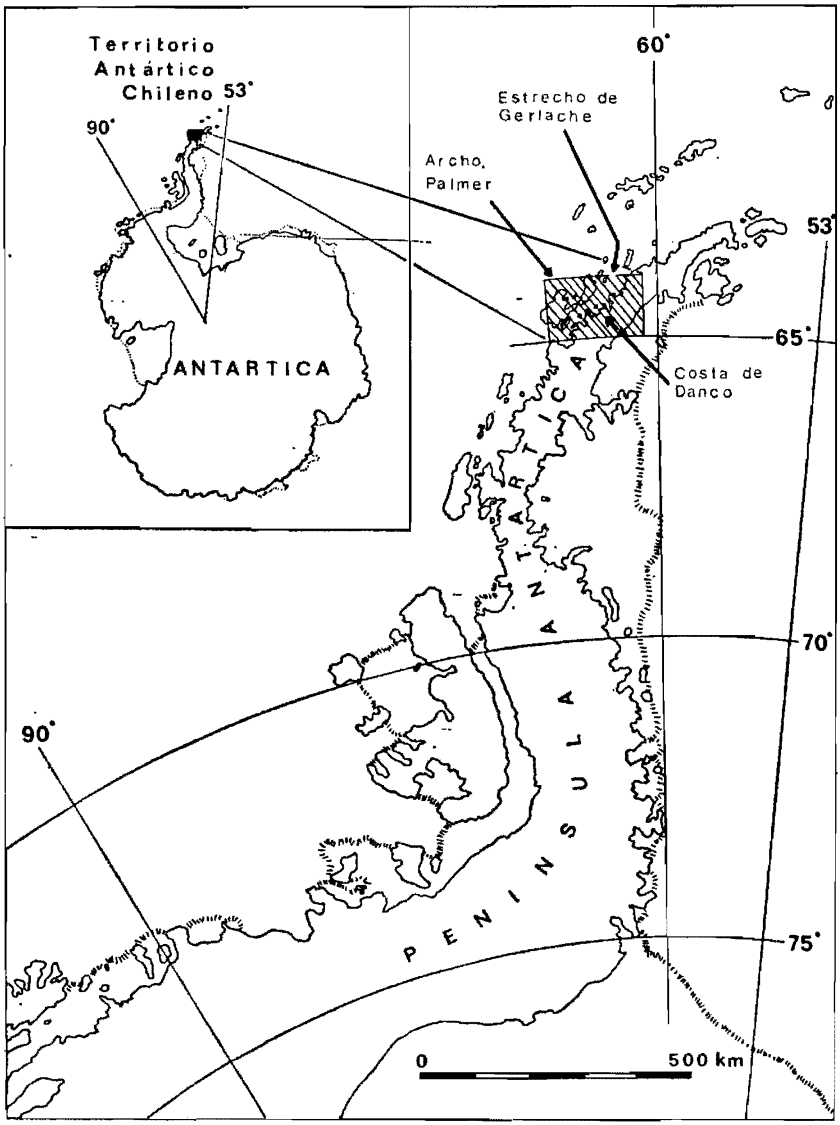


Fig 1 Mapa de ubicación

La figura 2 corresponde a la secuencia estratigráfica generalizada del área.

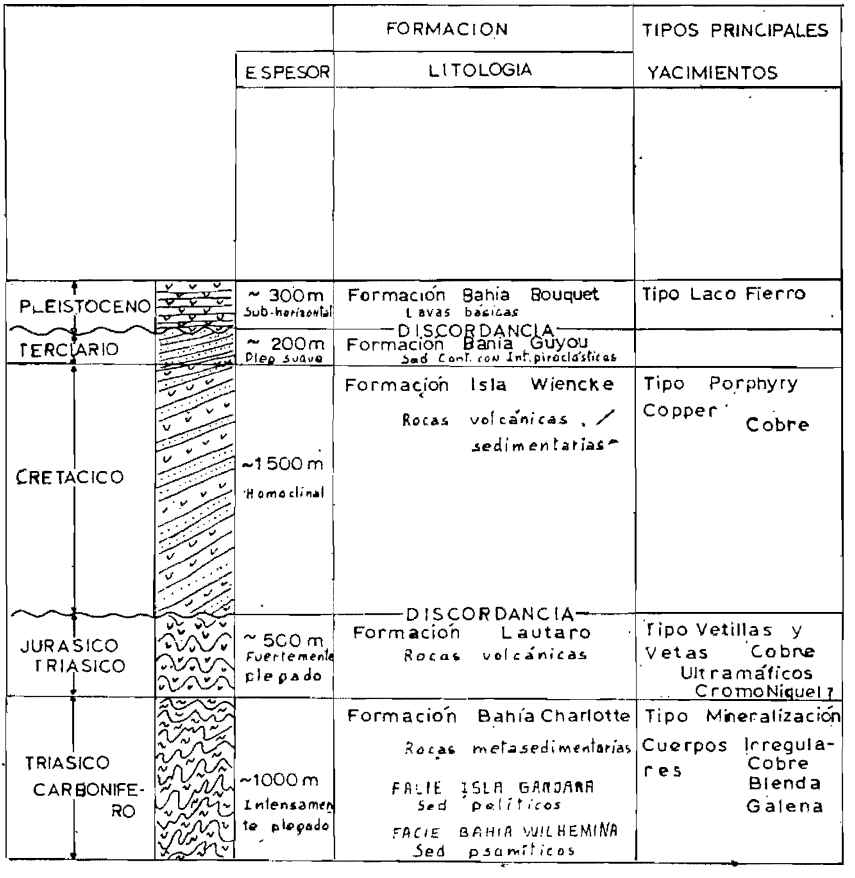


Fig 2 Columna estratigráfica generalizada del Estrecho de Gerlache

Formación Bahía Charlotte: corresponde a un conjunto de rocas metasedimentarias marino y litoral de edad carbonífera a triásica, subdividido en dos facies: a. sedimentos psamíticos (clásticos) del sector sur de la Costa de Danco, que engranan lateralmente con, b. sedimentos pelíticos (finos) del sector norte de la Costa de Danco. Esta formación es intensamente plegada y de un espesor aproximado de 1.000 m.

Formación Canal Lautaro: corresponde a rocas volcánicas posiblemente triásica-jurásica, concordante sobre la Formación Bahía Charlotte. Afloran en la Costa de Danco, desde Punta Valdivia hacia el norte, Bahía Hughes, Punta Charles, Cabo Tisné y desde la Península Arctowsky hacia el sur, Bahía Andvord, Bahía Paraíso, incluyendo Isla Ronge, Cabo Van Bebeden e Isla Bryde. Son rocas fuertemente plegadas y de una potencia aproximada de 500 metros.

Formación Isla Wiencke: está compuesta por rocas volcánicas, lavas intermedias a básicas con escaso material piroclástico y rocas sedimentarias, similares a las que se encuentran en las formaciones volcánicas cretácicas-terciarias en distintas latitudes del flanco occidental de la Cordillera de los Andes. Aflora en la casi totalidad de la Isla Anvers (Bahía Borgen y Bahía Inverleith). Mitad sur de la Isla Brabante, Isla Alice y el sector oriental de la Península Arctowsky. Discordante sobre la Formación Lautaro, en estructura monoclinal y de un espesor aproximado de 1.500 metros.

Formación Bahía Guyou: corresponde a rocas sedimentarias continentales con intercalaciones volcánicas piroclásticas de edad terciaria. Afloran en el sector norte de la Isla Brabante, desde Bahía Guyou, Punta Harry hasta Bahía Buls. Concordante sobre formación Isla Wiencke, plegamiento suave y una potencia de 200 metros.

Formación Bahía Bouquet: compuesta por lavas básicas de edad pleistocénica. Afloran en el lado occidental de Isla Brabante desde el Monte Parry hasta Punta Metchnikoff, y el sector oriental desde Punta Duclaux, Punta Harry hasta Isla Jenie. Se depositan discordantemente sobre la Formación Bahía Guyou, en posición subhorizontal con una potencia aproximada de 200 — 300 metros.

El segundo tipo de rocas lo constituyen las rocas intrusivas, que se clasificaron en tres grupos atendiendo a criterios geográficos y de afinidad petrográfica.

Granitos Leucocráticos de Punta Mónaco de supuesta edad paleozoica: Afloran en el sector oriental de la Isla Anvers entre Punta Bayle y Bahía Gabriel González Videla.

Granitos Costa de Danco de posible edad jurásica superior, intruidos por granodioritas y gabros datados como cretácicos: Corresponden a dataciones en rocas graníticas en Punta Canelo (Scott, 1965) y Cabo Tisné (Rex, 1972), cuyos resultados son de 94 a 96 millones de años, respectivamente. Esta edad sería la mínima de los granitos de la costa de Danco (Cretácico).

Los granitos de la Costa de Danco instruyen las formaciones Canal Lautaro y Bahía Charlotte.

Granodioritas Archipiélago de Palmer equivalente a las granodioritas del Ciclo Andino de edad eocénica. Afloran desde Isla Doumer hasta Punta Harry.

La tectónica del área es intensa y está controlando los principales tipos de rocas aflorantes, tanto volcánicas como intrusivas. El área es afectada por esfuerzos tectónicos de distinta orientación y edad, pudiéndose distinguir una tectónica de rumbo NNW antigua, que se manifiesta por fallamiento de las rocas de la costa de Danco, de tendencia vertical. Fig. 3.

SISTEMA	ZONAS AFECTADAS	RUMBO	TIPO	EDAD
Costa de Danco	Costa de Danco	NNW-ENE	Distensivo Compresivo	?
Estrecho Gerlache	Estrecho de Gerlache Costa E. Arch. Palmer (Costa de Danco)	NE-NNE	Distensivo (Compresivo ?)	Cretocico (reactivado en Cenozoico)
Arch. de Palmer	Costa E Arch. Palmer	EW-NW	Distensivo Transcurrente	Terciaria ?

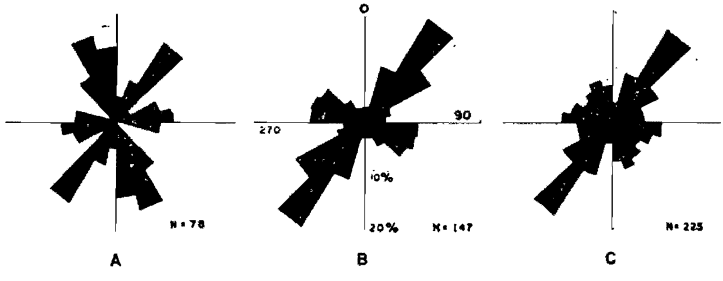


Figura 3 : Ploteo de las estructuras mayores en el área estudiada.
A: Archipielago de Palmer
B. Costa de Danco
C: A + B (toda el área estudiada).

Una tectónica intermedia distensiva paralela al Estrecho de Gerlache, corresponde a la terminación de la grieta que separa el Archipiélago de las Shetland del Sur de la Península Antártica, que al norte se curva en la Dorsal de Escocia; es de tendencia NNE, de edad posible cretácica y una moderna transcurrente que afecta hasta rocas terciarias, de tendencia NW-EW, (fallamiento de bloques).

Geología económica

Aspectos Generales: En la región estudiada se han detectado cuatro áreas que contienen indicios de distintos tipos de mineralización metálica. Fig. 4.

Desde un punto de vista genético, éstos tipos corresponden a yacimientos conocidos en el continente Sudamericano, donde se encuentran esencialmente en el flanco occidental de la Cordillera de los Andes. Los cuatro tipos descritos son:

- Area Cabo Tisné – Punta Spring: Cobre vetiforme.
- Area Bahía Frei – Canal Errera: Polimetálicos.
- Area Archipiélago Palmer: Cobres porfíricos.
- Area Isla Brabante: Hierro magmático.

Los indicios encontrados se consideran suficientes para definir los distintos tipos de yacimientos que se detallan más adelante, pero es necesario puntualizar que la importancia económica actual de ninguno de ellos corresponde a yacimientos explotables económicamente, al menos con las evidencias conocidas hasta ahora.

Existen algunos rasgos comunes a todas las zonas mineralizadas descritas, que pueden hacerse extensivas a toda la Península Antártica.

Debido a la fuerte erosión glacial y a que la mayoría de los yacimientos minerales, se localizan en rocas alteradas más blandas que las de sus contornos, es lógico pensar que gran parte de los yacimientos minerales antárticos se encuentran en relieves topográficos negativos y, por ende, cubiertos por gruesas capas de hielo. Esto significa que, generalmente, el indicio de mineralización encontrado estará relacionado con zonas periféricas, tales como anillos propolíticos, sistemas secundarios de vetas, zonas silicificadas, etc.

Por otra parte, la naturaleza de las aguas superficiales (neutras y poco oxidantes), impiden la lixiviación de los minerales primarios y, por consiguiente, no se podrán esperar concentraciones secundarias de súlfuros. La mayoría de los indicios encontrados en superficies corresponden a sulfuros primarios y escasos oxidados (solamente co-

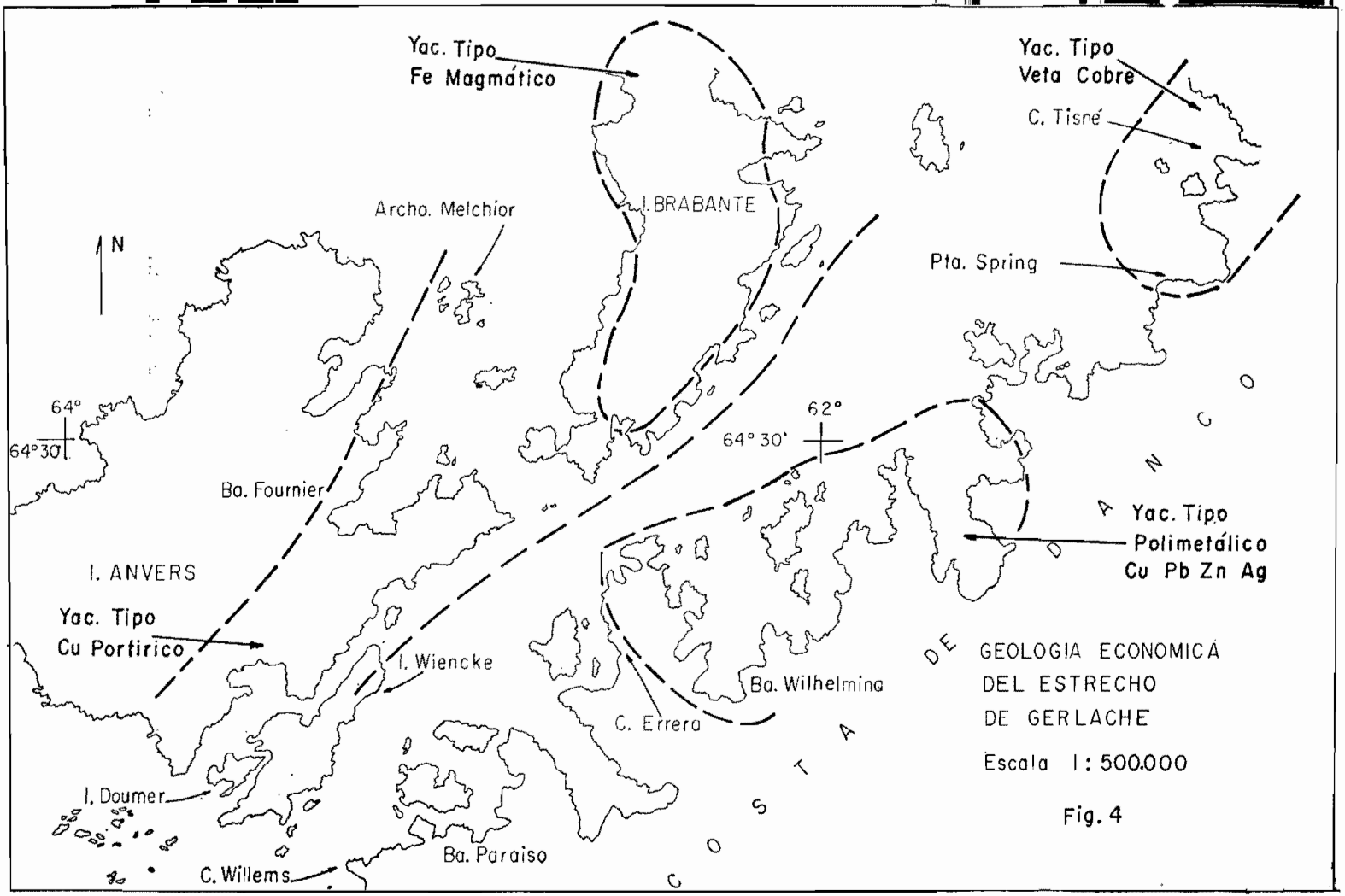

Yac. Tipo
Fe Magmático
Yac. Tipo
Veta Cobre
C. Tisné
I. BRABANTE
Archo. Melchior
N
Pta. Spring
64°
64° 30'
62°
64° 30'
Ba. Fournier
I. ANVERS
Yac. Tipo
Cu Porfírico
Yac. Tipo
Polimetálico
Cu Pb Zn Ag
I. Wiencke
Ba. Wilhelmina
C. Errera
I. Doumer
Ba. Paraiso
C. Willems
GEOLOGIA ECONOMICA
DEL ESTRECHO
DE GERLACHE
Escala 1 : 500.000

Fig. 4

bre de importancia local). Se exceptúa el hierro, que es movilizado con relativa facilidad a partir de magnetita primaria para ser depositado como hematita.

Areas de afinidad mineralógica.

Area Cabo Tisné — Punta Spring

Ambiente Geológico.

Corresponden a rocas volcánicas intermedias a básicas, brechas volcánicas, metasedimentos de la Formación Canal Lautaro, intruidas por pórfidos granodioríticos (Granitos Costa de Danco).

Mineralización.
Pirita con calcopirita subordinada y localmente óxidos de cobre (Paratacamita), se encuentran esencialmente en vetillas y vetas. Se puede apreciar una diseminación generalizada de estos minerales metálicos en las cajas.

Génesis posible de la mineralización.
La mineralización está relacionada a una alteración débil y un metamorfismo de contacto en rocas cobertizas de intrusivos intermedios cretácicos.

Expectativas.
En la zona es susceptible localizar yacimientos vetiformes de cobre.

Area Bahía Frei — Canal Errera

Ambiente Geológico.

Los tipos principales de rocas aflorantes son metagrauvacas y cuarcitas de la Formación Bahía Charlotte intruidas por granitos Costa de Danco.

Mineralización.
Se trata de zonas de recubrimiento limonítico abundante, relacionada con silicificación y mineralización de piritas euhedrales diseminadas. Subordinada a ésta se encuentra calcopirita, blenda, galena, minerales de plata y escasa marcasita.

Génesis probable.
La génesis probable está relacionada con una alteración hidrotermal de baja temperatura en sedimentos triásicos generada por la intrusión de Granitos Costa de Danco. No se descarta la posibilidad

de mineralización restringida a horizontes sedimentarios estratigráficos definidos.

Expectativas.

Las cubiertas limoníticas se presentan como el mejor blanco de prospección en la zona, debiéndose estudiar las variables geoquímicas en superficie. Por lo general, se observa la mineralización restringida a cuerpos tridimensionales irregulares no asociados a cuerpos vetiformes.

*Area Isla de Ronge — Cabo Williams**

Ambiente Geológico.

Corresponde a rocas volcánicas de la Formación Canal Lautaro intruidas por plutones de composición monzodioríticos a monzogábricos de olivina y granitos de la Costa de Danco.

Mineralización.
Existen escasas manifestaciones de pirita y calcopirita diseminadas; solamente se observó una veta de cobre en la Isla Bryde y otra en Bahía Andvord.

Génesis posible.
Estaría relacionada a un control tectónico y a un metamorfismo de contacto producido por las intrusiones básicas.

Expectativas.
Existen posibilidades de mineralización vetiforme en lavas, similares al área Cabo Tisné — Punta Spring. Además la presencia de intrusivos básicos y posiblemente ultrabásicos podrían estar asociados a metales afines como cromo y níquel.

Area Archipiélago Palmer.

Ambiente Geológico.

Lo constituyen lavas andesíticas de la Formación Isla Wiencke, un sistema tectónico NNE de edad cretácica, e intrusiones de granodioritas y dioritas cuarcíferas de edad eocénicas (Ciclo Intrusivo Archipiélago Palmer) .

* Los límites de esta área no han sido definidos, por lo tanto no están señalados en el mapa de Geología Económica.

Mineralización.

Se observaron principalmente fases propilíticas de extensas zonas de alteración hidrotermal que presentan abundante pirita con calcopirita subordinada. En la costa E y SE de Isla Anvers, entre las Bahías González Videla y Borgen, afloran varios sectores con mineralización de tipo cobre porfírico, con extensas zonas limonitizadas y abundante óxido de cobre.

Además, numerosos intrusivos presentan diseminaciones continuas de pirita con calcopirita subordinada (Archipiélago Melchior e Isla Brabante).

Génesis probable.

Se trata probablemente de yacimientos hidrotermales ligados a intrusiones hipabisales intermedias en rocas cobertizas de la Formación Isla Wiencke. Las facies reconocidas de alteración hidrotermal, son propolíticas, cuarzo – sericítica (Canal Neumayer) y biotización de los ferromagnesianos (Península de Thompson).

Por similitudes en naturaleza de las intrusiones, rocas intruidas, edad y controles tectónicos, la banda definida como Archipiélago de Palmer es correlacionable con distritos de cobre porfírico del continente Sudamericano.

Expectativas.

Existe una alta probabilidad de existencia de yacimientos tipo cobre porfírico en la banda indicada. Sin embargo, debido a la cuasi imposibilidad de enriquecimiento secundario en la zona, dado a sus características paleoclimáticas, la importancia económica de este tipo de yacimientos es escasa, salvo que estuviera relacionado con otros metales de mayor valor como molibdeno, oro, plata, de los cuales no se han encontrado indicios hasta ahora.

Area Isla Brabante

Ambiente Geológico.

Corresponde a lavas Pleistocénicas de la Formación Bahía Bouquet, derramadas en la paleotopografía de rocas volcánicas y sedimentos continentales cretácicos de la Formación Bahía Guyou.

Las lavas son andesitas y basaltos de olivina, de marcada estructura columnar, y varios cuellos volcánicos del mismo material, en la parte NE de la Isla Brabante.

Mineralización.

Se observó magnetita asociada a las lavas, mineral que se encuen-

tra martitizado y localmente transportado a los sedimentos infrayacentes. Estos últimos se presentan impregnados de hematita.

Génesis.

La presencia de magnetita en lavas pleistocénicas de la Isla Brabante es una de las pocas ocurrencias de magmas ricos en fierro observados en el mundo: la localidad clásica es el yacimiento de fierro El Laco, en la alta cordillera de Antofagasta, Norte de Chile.

La relación entre ambas ocurrencias incluye similitudes de edad, mineralógicas, texturales, aunque en la Isla Brabante no se ha encontrado la gama de estructuras descritas en El Laco.

Sin lugar a duda, la génesis de este fierro, es de origen magmático.

Expectativas.

En el caso que la mineralización encontrada correspondiera a un yacimiento de tipo fierro Laco, carecería de valor económico, debido a su ubicación. Sin embargo, la ocurrencia de fierro magmático es un tipo de yacimiento poco estudiado y se pueden esperar relaciones del fierro con otros elementos, como cadmio, vanadio, tungsteno, titanio. Estos metales podrían eventualmente valorizar el yacimiento.

BIBLIOGRAFIA

ALARCÓN, B., AMBRUS, J., Olcay, L., y VIEIRA, C., (1976). "Geología del Estrecho de Gerlache". Serie Científica INACH. Vol. 4, Nº 1. pp. 7-46.

ADIE, R. J., (1957). "The petrology of Graham Land: III, Metamorphic rocks of the Trinity Peninsula Series". Falkland Islands Dependencies Survey Scientific Reports, Nº 20, 26 pp.

FERGUSON, D., (1921). "Geological Observations in the South Shetland Islands, the Palmer Archipelago and Graham Land. Antarctica". Trans. Roy. Soc. Edimb., Vol. 53, Pt. 1, Nº 3, pp. 29-55.

GONZÁLEZ-FERRAN, O., y KATSUI Y., (1976). "Estudio integral del volcanismo Cenozoico Superior de las Islas Shetland del Sur, Antártica". Instituto Antártico Chileno, Serie Científica, Vol. 1, Nº 2, pp. 123-174.

GONZALEZ-FERRAN, O., (1972). "Distribution, Migration and Tectonic Control of Upper Cenozoic Volcanism in West Antarctica and South America". Antarc. Geol. and Geophy. Universitetsforlaget, Oslo, pp. 173-179.

GONZÁLEZ-FERRAN, O., y VERGARA M., (1972). "Post-Miocene Volcanic Petrographic Provinces of West Antarctica and Their Relation to the Southern Andes of South America". Antarc. Geol. and Geophy. Universitetsforlaget, Oslo, pp. 187-195.

GOURDON, E., (1971). "Mineralogie, Geologie": Deuxiéme Expédition Antarctique Francaise (1908-1910),

commandée par le Dr. Charcot, pp. 1-10, Paris.

HALPERN, M., (1962). "The Geology of Base Gabriel González Videla, Antarctica". Arctic, Journ. of North America, Vol. 15, Nº 3, pp. 221-237.

HERVE, F., y ARAYA, R., (1965). "Estudio geomorfológico y geológico en Islas Greenwich y Robert, Shetland del Sur, Antártica". Tesis de prueba para optar al título de Geólogo, Universidad de Chile, 221 pp.

HOOPER, P. R., (1962). "The petrology of Anvers Island and adjacent islands". Falkland Islands Dependencies Survey Scientific Report, Nº 34, 69 pp.

LLORENTE, R. A., MENDIA, J. E., y SUIKERMANN, J. P., (1974). "Geología del extremo Occidental del Cabo Spring — Costa de Danco, Antártida Argentina". Inst. Antar. Argent., Contribución, Nº 173, 17 pp.

REX, D. C., (1972). "K — Ar age determinations on volcanic and associated rocks from the Antarctic Peninsula and Dronning Maud Land". En Adie, Antarc. Geol. and Geophy. Universitetsforlaget, Oslo, pp. 133-136.

SCOTT, K., (1965). "Geology of the Southern Gerlache Strait Region, Antarctica". The Journal of Geology, Vol. 73, Nº 3, pp. 518-527.

STEWARD, D., (1945). "Preliminary Report on Some Intrusive of the Melchior Islands, Antarctica". Proc. Amer. Phil. Soc., Vol. 89, pp. 146-147.

STEWARD, D., (1947). "Rocks of the Melchior Islands, Antarctica". Proc. Amer. Phil. Soc., Vol. 91, pp. 229-233.

THOMPSON, M. R. A., (1975). "New paleontological and lithological observations on the Legoupil Formation, north-west Antarctic Peninsula". British Antarctic Survey Bulletin, N.os 41-42, pp. 169-185.

TYRREL, G. W., (1921). "A contribution to the Petrography of the South Shetland Islands, the Palmer Archipelago, and the Danco Land Coast, Graham Land, Antarctica". Trans. Roy. Soc. Edimb. Vol. 53, Pt. I, Nº 4, pp. 57-79.

WEST, S. M., (1974). "The Geology of the Danco Coast, Graham Land". British Antarctic Survey Scientific Reports, Nº 84, 58 pp.

PERSPECTIVAS DE DESARROLLO DE RECURSOS DE HIDROCARBUROS EN LA ANTARTICA

Raúl Cortés Rivera
Empresa Nacional de Petróleo

I. Generalidades

Yacimientos o surgencias naturales de hidrocarburos no son conocidos en la Antártica. Las características geológicas de las formaciones que afloran en el Continente mismo no corresponden a lo que típicamente se espera de *rocas madres* (source beds) y *acumuladoras* (reservoir beds), de modo que naturalmente la atención se dirige a la región de la plataforma o zócalo continental de la Antártica. Este zócalo es anormalmente profundo comparado con los de otros continentes, pues tiene una profundidad que oscila entre los 360 y 550 metros, mayor profundidad que es debida a la depresión isostática causada por efecto de carga del grueso casquete de hielo antártico. El ancho del zócalo es de unos 100 km por lo general, pero es notablemente más amplio en los mares de Ross y Weddell. Es en el área de plataforma del mar de Ross donde sedimentos terciarios han evidenciado presencia de hidrocarburos en forma de metano y algo de etano. Estudios geoquímicos de pelitas del Cretáceo Inferior de Isla Livingstone (Archipiélago de las Shetland del Sur) demuestran también su interesante potencial como roca madre de hidrocarburos. Aunque la acumulación original de materia orgánica en sedimentos pelíticos y su posterior transformación y maduración a hidrocarburos hayan ocurrido favorablemente, faltaría aún agregar la existencia de rocas porosas y permeables para que se originen yacimientos. Debe considerarse también como factor que interfiere en la preservación de hidrocarburos la existencia de volcanismo Reciente o del Terciario más joven, a distancia próxima de los lugares que se investiguen. Esta actividad ígnea puede alterar o descomponer los hidrocarburos en sus trampas de acumulación.

II. Panorama geológico antártico

Una revisión del cuadro geológico general de la Antártica, permite separar a este continente en dos grandes provincias geológicas de

características diferentes entre sí: la Antártica del Este y la del Oeste.

Antártica del Este. Forma un escudo continental (área estable) compuesto de un Complejo de Basamento de esquistos, gneises y otras rocas metamórficas, cubiertas por una potente secuencia de rocas clásticas indeformadas del Paleozoico y Mesozoico.

Antártica del Oeste. En esta área, rocas deformadas del Paleozoico (?) y estratificadas del Mesozoico y Cenozoico, principalmente clásticas y volcánicas, yacen sobre un basamento de rocas intrusivas y metamórficas similares a aquellas de los Andes de América del Sur en la región fueguina.

De estas dos provincias geológicas, la que ha evolucionado dentro del marco más atractivo para la generación de hidrocarburos, es sin duda la Antártica del Oeste. En ella se destaca con sus particulares rasgos morfológicos, la Península Antártica, apéndice del continente antártico por el cual éste, proyectado a través del llamado Arco de Escocia, se vincula con América del Sur como lo confirman sus afinidades geológicas. La interpretación paleogeográfica de la conexión al tiempo Jurásico Superior-Cretáceo Inferior, permite formular la posibilidad de existencia hacia el Este de la Península Antártica de una cuenca marginal desarrollada entre el Mesozoico Superior y Cenozoico. Esta cuenca, que ocuparía la posición del Mar de Weddell, podría representar una imagen semejante a la de la *Cuenca de Magallanes* (donde existe producción de hidrocarburos), posibilidad que merece investigarse. Esto, a pesar de diferencias geológicas que existen, ya que por ejemplo en afloramientos de la parte Este de la Península Antártica, los sedimentos del Cretáceo Inferior y Terciario Inferior están ausentes. Sin embargo, la intervención de discordancias en la secuencia sedimentaria en dicha área no significa descartar la existencia de los sedimentos en cuestión en la subsuperficie de plataforma del Mar de Weddell.

Al producirse la disrupción definitiva del Arco de Escocia en el Cenozoico (¿Neógeno?), estas dos cuencas habrán evolucionado separadamente tanto en lo paleogeográfico como en lo que a maduración y migración de hidrocarburos pueda corresponder.

Hacia el Oeste de la Península Antártica la plataforma continental es, sin duda, atractiva en cuanto a posibles acumulaciones de hidrocarburos, especialmente en los sectores más amplios, como los de los mares de Bellingshausen y Amundsen, así como también el del Mar de Ross.

III. AVANCES TECNOLÓGICOS PARA LA EXPLORACIÓN DE HIDROCARBUROS EN LA ANTÁRTICA

La tecnología de la industria petrolera ha avanzado prodigiosamente sobre todo en el desarrollo de las perforaciones "off shore" en diversos mares del mundo. Es claro que la aplicación de estos logros tecnológicos a cualquier proyecto de desarrollo tiene como factor limitante extremo el económico.

Modernas técnicas pueden permitir realizar trabajos de sísmica marina y ejecutar perforaciones exploratorias en muchos lugares costa-afuera de la Antártica. Los problemas logísticos y el bajo tiempo efectivo de estos trabajos en un medio extremadamente hostil constituyen, sin duda, factores que pesan enormemente en el costo de la exploración. Barcos de perforación con posicionamiento dinámico de avanzado diseño, capaces de desplazarse rápidamente en situaciones de colisión con icebergs a la deriva no son ficción. Con éxito se probó recientemente una nave de este tipo en perforación de exploración costa afuera en el Labrador.

Más adelante aún, en una fase de desarrollo petrolero y terminación de los pozos perforados, los requerimientos tecnológicos envueltos son de una naturaleza distinta. Por ejemplo, en aguas poco profundas del zócalo el encallamiento de grandes icebergs no es raro, y este riesgo obligaría a concebir instalaciones ocultas en el fondo marino. En cambio, en las aguas más profundas, bien por debajo de la base de los icebergs, la terminación de pozos corresponde a una tecnología ya bastante avanzada. Distinta es la situación de las unidades separadoras de gas y petróleo y de los sistemas de almacenamiento, los cuales deberán ser totalmente submarinos.

IV. PERSPECTIVAS ACTUALES DE PROSPECCIÓN DE HIDROCARBUROS EN LA ANTÁRTICA

Como ya se mencionó, no existen todavía evidencias de acumulaciones comerciales de hidrocarburos en la Antártica, pero los hallazgos de trazas de metano en el Mar de Ross por sondajes del "Glomar Challenger" en la temporada 1972-1973 demuestran la potencialidad en hidrocarburos de la plataforma continental antártica.

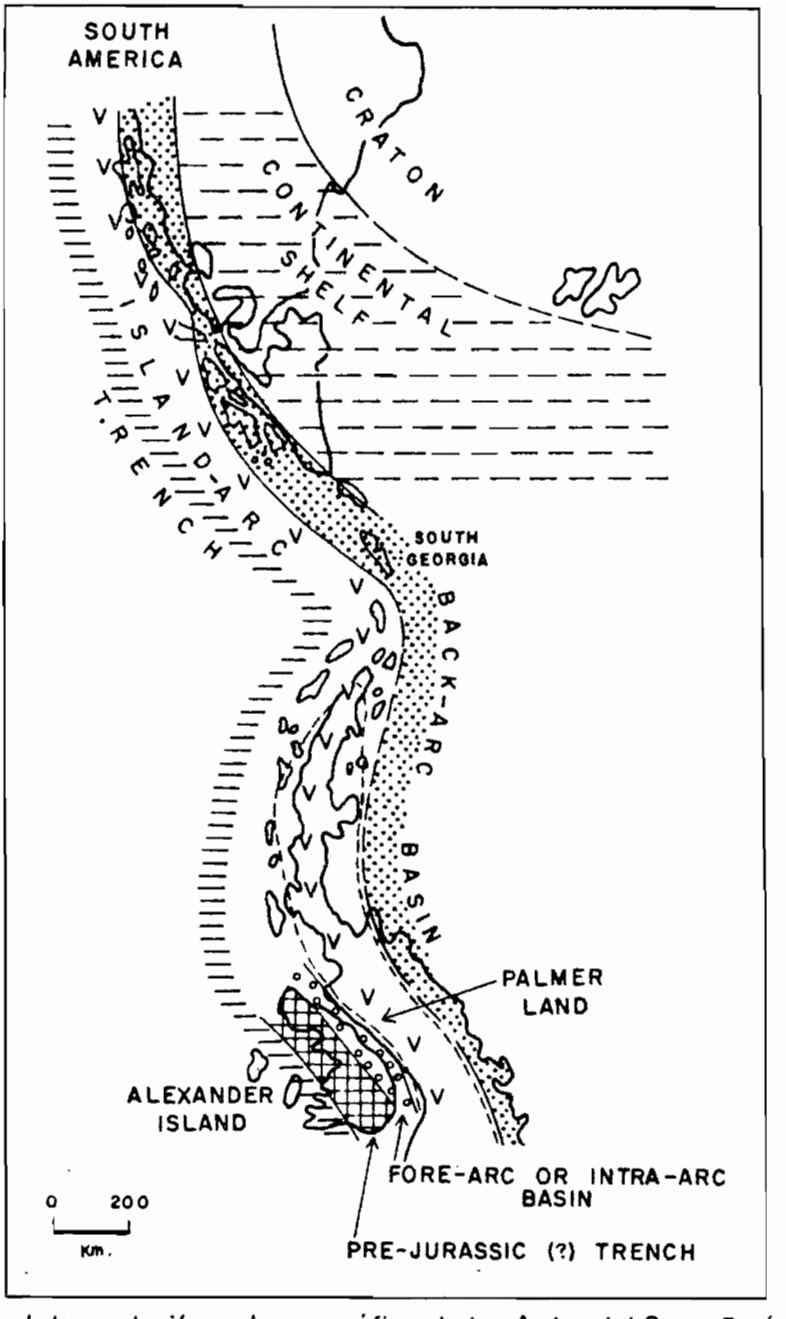
Al comprobarse en ella la existencia de sedimentos marinos que forman una secuencia potente, sobrevendrá como consecuencia inmediata la necesidad de determinar si existen capas acumuladoras (reservoir beds) capaces de contener cantidades importantes de pe-

tróleo. Estas capas deberán, además, presentar las estructuras geológicas adecuadas para el entrampamiento de los hidrocarburos.

Es en esta fase de la investigación de estos recursos energéticos fósiles, cuando se presenta la necesidad de desarrollar un reconocimiento geofísico marino destinado precisamente a determinar las condiciones estructurales. Perforaciones profundas con carácter estratigráfico para el reconocimiento de la secuencia sedimentaria submarina constituirán probablemente la etapa siguiente. Aun en una etapa como ésta de perforación preliminar, extremas medidas son imperativas para la no alteración del medio ambiente.

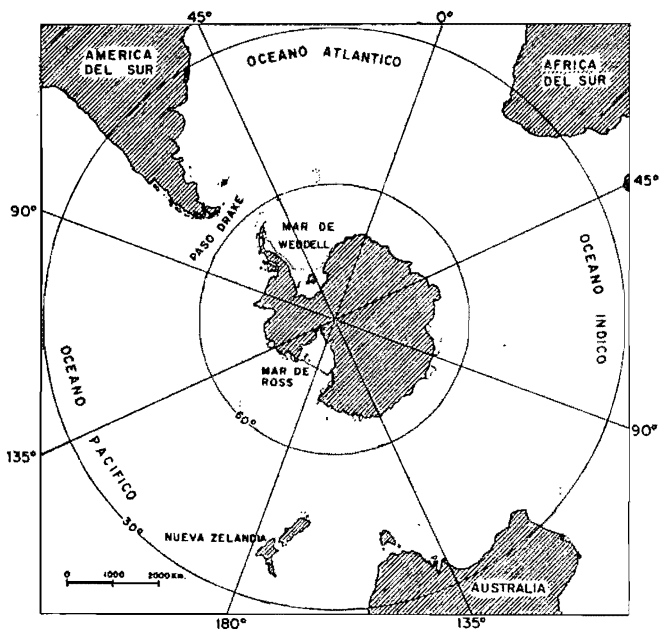
Poca duda cabe de la extrema presión que existe en la industria petrolera para descubrir más y más petróleo y gas en todo el mundo. Sin embargo, éstos, como se prevé, corresponderán a yacimientos menos productivos que los hasta ahora descubiertos y desarrollados, además de ocurrir en medio ambientes más hostiles. Aun así, es cuestión de tiempo para que la atención de la actividad petrolera pueda dirigirse hacia la Antártica. En el intertanto, la investigación y desarrollo de otras fuentes de energía alternativas podrán prosperar, frente a una búsqueda aleatoria y costosa de petróleo antártico.

En lo que a interés político del manejo de la Antártica se refiere, nos encontramos con la preocupación fundamental del Tratado Antártico: la Protección del Medioambiente de este continente dedicado sólo a la investigación científica, y quedando así excluida, por este estatuto único, la explotación comercial de sus recursos naturales. El abrir la Antártica a una fase de exploración petrolera, inevitablemente traerá aparejada la de explotación en favor de quien haya arrostrado la cuantiosa inversión que habrá significado la primera.

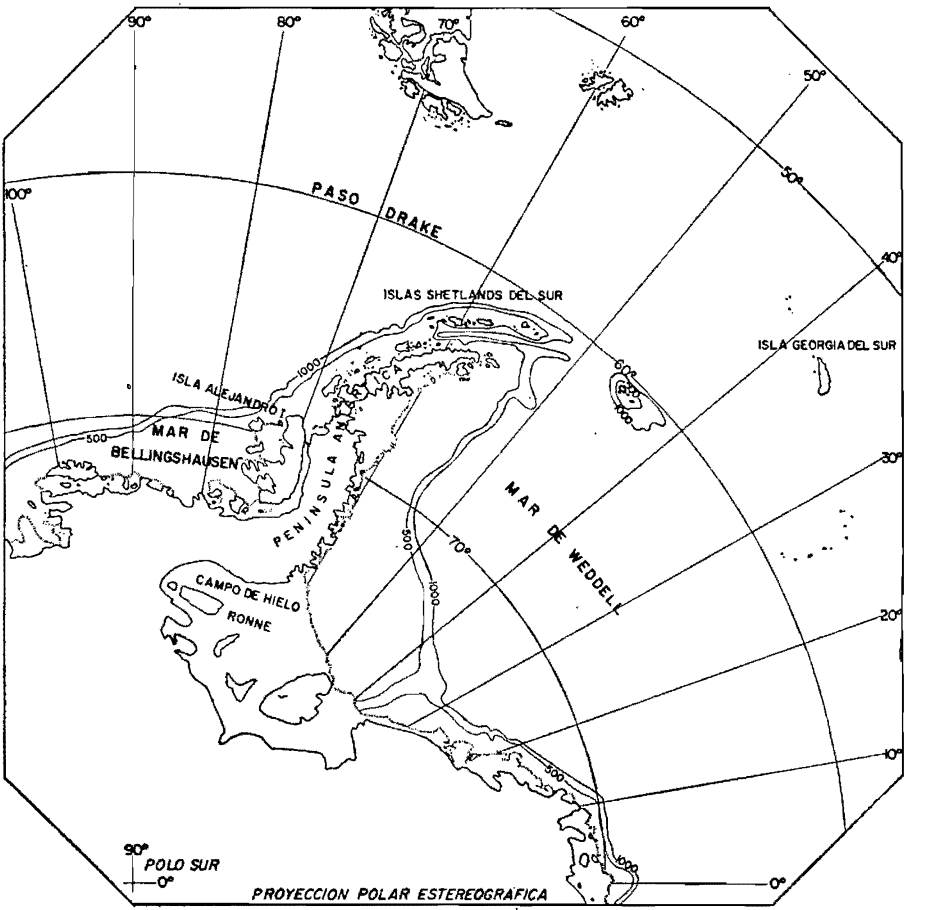


Interpretación paleogeográfica de los Andes del Sur y Península Antártica durante el Jurásico Superior–Cretáceo Inferior.

(SUAREZ, 1976)



Proyección Polar Estereográfica


90°
80°
70°
60°
50°
100°
PASO DRAKE
50°
40°
ISLAS SHETLANDS DEL SUR
ISLA GEORGIA DEL SUR
1000
ISLA ALEJANDRO I
500
MAR DE BELLINGSHAUSEN
PENINSULA ANTARTICA
60°
1000
30°
MAR DE WEDDELL
500
70°
1000
CAMPO DE HIELO RONNE
20°
10°
500
1000
90°
POLO SUR
0°
0°
PROYECCION POLAR ESTEREOGRAFICA

PARTE QUINTA

Transporte y turismo como factores del desarrollo antártico

EL DESARROLLO DEL TRANSPORTE ANTARTICO

Rubén Scheihing Navarro
Capitán de Fragata, Armada de Chile.

El interés mundial por el sexto continente no es reciente, sino que se remonta en el tiempo a los últimos 150 años, en que se han dedicado ingentes esfuerzos para satisfacer las inquietudes que se plantearon en la Edad Media.

En esta oportunidad, encararemos una de esas inquietudes relacionadas con la Antártica, estudiaremos la factibilidad de emplear diversas formas de transporte, los esfuerzos que se han realizado hasta la fecha y trataremos de deducir cuáles son las perspectivas que se nos presentan para materializarlo.

Características del Área

El continente, ubicado en el extremo del Hemisferio Oceánico, se encuentra completamente rodeado por los océanos Pacífico, Atlántico e Indico. Su superficie es aproximadamente de 13,5 millones de kilómetros cuadrados incluyendo elevaciones de más de 3.000 metros de altura.

La unión de los tres océanos forma lo que se denomina el Océano Glacial Antártico, el cual representa la más vasta extensión de agua salada del mundo y constituye una amplia ruta marítima circumpolar, con la característica más sobresaliente que, en su gran mayoría, se encuentra libre de hielos. Esta característica permite que se pueda circunnavegar al mundo entre los paralelos cincuenta y sesenta de Latitud Sur, pasando a voluntad de uno a otro de los grandes océanos.

Todo el continente queda encerrado dentro del paralelo 66° Sur, con la sola excepción de la Península de la Tierra de O'Higgins, cuyo extremo se extiende en dirección al Cabo de Hornos hasta la Latitud 63° Sur, mientras que sus islas más alejadas quedan en Latitud 61° Sur.

Este enorme continente, cuya superficie es comparable con Australia o a la suma de las superficies de los Estados Unidos de N.A. y Europa juntos, se encuentra cubierto por una capa de nieve y hielos eternos. Al llegar al mar, el glaciar es retenido por macizas rocas costeras desde donde se desprenden hielos que forman una

barrera de hielos desde los cuales se desprenden icebergs, que posteriormente afectarán a la navegación.

Este fenómeno está particularmente desarrollado en los mares de Ross y Weddell. El glaciar flotante del mar de Ross tiene una superficie equivalente a la de Francia.

La Antártica es el área más fría del globo, su temperatura media anual está cerca de los veinticinco grados bajo cero. El termómetro sube raramente sobre cero en verano, y desciende a menudo a veinte grados bajo cero, en la misma estación. En invierno, puede alcanzar a menos de setenta grados, pudiendo permanecer durante varios días en menos de cincuenta grados; próximo a la costa la temperatura es más benigna. El Polo del Frío se encuentra ubicado justamente en las vecindades de la estación soviética Vostok II, donde se han registrado ochenta y ocho grados bajo cero.

Los vientos soplan con gran intensidad, alcanzando hasta 200 kilómetros por hora. Durante el Año Geofísico Internacional, se determinaron cinco áreas que conforman un cinturón de bajas presiones, los cuales contribuyen a formar profundas depresiones ciclónicas. Estos centros son los siguientes:[1]

- Zona del Mar de Ross, cuyo centro estaría ubicado entre su costa oriental y la Tierra de Marie Byrd (Meridiano 130 Oeste).
- Zona depresionaria del Mar de Weddell (Meridiano 40 Oeste).
- Zona depresionaria de la costa de la Tierra de la Reina Maud (Meridiano 20 Este).
- Zona depresionaria que abarca desde la costa de la Tierra de Enderby hasta el Mar de Davies (Meridiano 50 Este al 90 Este).
- Finalmente, pero en menor grado, se podría considerar como zona depresionaria la región ocupada por el Mar de Bellingshausen (Meridiano 75 Oeste).

El continente juega un importantísimo papel en la circulación del Hemisferio Oceánico, en especial, en lo que se refiere al extremo de América del Sur, donde su aire seco y helado tiene marcada influencia en el clima. Las zonas de circulación antártica se pueden agrupar como sigue:

- Tres zonas de flujo de aire hacia el exterior: Tierra Victoria, Tierra de O'Higgins y la zona occidental de la Tierra de Enderby.
- Tres zonas de flujo de aire hacia el interior: Tierra de Marie Byrd,

[1] Derrotero de la Costa de Chile, Vol. VI, Págs. 17 al 22.

sector oriental del Mar de Weddell, Tierra de la Reina Maud y Tierra Adelie.

La visibilidad frecuentemente se reduce por diversos fenómenos, tales como la lluvia, lloviznas, nevadas y ventiscas. Las nieblas de masas de aire se producen en todo el año, pero de preferencia en verano, en las costas de los mares de Bellingshausen y de Weddell. En ocasiones se extienden 100 o más millas en el interior del Paso Drake.

En el aspecto científico es evidente que el continente es un laboratorio de características excepcionales para desarrollar estudios e investigaciones científicas en las áreas de meteorología, oceanografía, magnetismo, cosmología, problemas de la ionósfera, también se ha trabajado intensamente en la determinación de los recursos naturales renovables y no renovables que encierra su suelo, subsuelo y mares adyacentes. Todos sabemos la importancia que revistió para el conocimiento de la Antártica el desarrollo del Año Geofísico Internacional (1957-1958).

Normalmente, se ha postulado que la vida en forma permanente no es posible en la Antártica. Sin embargo, la creación de numerosas bases e instalaciones de carácter científico, que diversos países han construido en el continente helado parecieran desmentir la aseveración.

En el caso particular de Chile se construyeron cinco bases y dos subbases; los Estados Unidos de N.A. construyó más de siete bases y estaciones. En general, durante el Año Geofísico Internacional, se construyeron no menos de 30 estaciones científicas. Este solo esfuerzo significa un inmenso despliegue de medios de transporte, lo cual justifica un estudio del problema, pero como veremos, lo más importante es vislumbrar el futuro, en consideración a que la Antártica es el continente del futuro, un futuro que cada vez se torna más en presente.

Análisis de las diversas formas de transporte antártico

Existen diversas modalidades para clasificar las formas de transportes, tomaremos la más general, aquella que dice relación con el medio en que se ejecuta. Así, dentro del transporte acuático hablaremos sólo del marítimo, luego del aéreo y, finalmente, del terrestre, estableciendo a priori en su enumeración, una importancia relativa para el transporte tan particular que se realiza en la Antártica.

TRANSPORTE MARITIMO

Esta forma de transporte está enraizada en la historia de los descubrimientos, exploración y explotación del continente. Al estar ubicada la Antártica en el Hemisferio Oceánico y al conformar una gran isla, su dependencia de las comunicaciones marítimas es extraordinaria. Los desarrollos del transporte aéreo han disminuido en parte este aparente aislamiento y dependencia del mar.

Las características tan especiales del área someramente enumeradas anteriormente nos obligan a estudiar con mayor detención los siguientes aspectos del problema:

Buques construidos especialmente para navegar en mares con presencia de hielos

No existen antecedentes específicos sobre buques de diseño especial que se hayan utilizado en la Antártica, con la lógica excepción de los rompehielos, de que hablaremos más adelante. Por este motivo, citaremos, a modo de ejemplo, lo que se ha empleado hasta la fecha en el Artico. Tal vez, el esfuerzo más significativo que se ha realizado, fue la comprobación de la factibilidad de transportar petróleo de Alaska a través del Pasaje del Noroeste, es decir, se efectuó un viaje de 4.427 millas desde Nueva York hasta Prudhoe Bay, pasando a través de Baffin Bay y el Beaufort Sea. Este viaje lo efectuó un petrolero norteamericano, "Manhattan", de 115.000 toneladas. Sus características más significativas son: proa adaptada para romper hielos, casco reforzado, hélices y timones con una protección especial contra el hielo. El buque transportó dos helicópteros marca Sikorsky, modelo S-62, para reconocimiento de las condiciones de hielo. Además, se le instalaron nuevos tipos de sonar y radar para brindar una mayor seguridad a la navegación. Las aeronaves que acompañaron esta travesía del "Manhattan", estaban equipadas con equipos "perfiladores láser" y radares scanning laterales.

El análisis detallado de las experiencias obtenidas con este viaje, permitirá a los constructores navales decidir si es conveniente que en el futuro se construyan petroleros rompehielos para navegar en los mares árticos. Otro aspecto importante dice relación con la determinación de la fricción que se producía entre el casco del petrolero y el hielo. Para minimizarla se le instalaron al "Manhattan" unos dispositivos de forma especial en la proa. Se estima que en el futuro, todos los petroleros deberán llevar un anillo de proa a popa que cumpla este mismo objeto; sin descartar otros medios para reducir la fricción, tales como los generadores de burbujas.

Los Rompehielos

El empleo de rompehielos en la Antártica es tan importante, que la mayoría de las naciones que operan en esta zona los utilizan. Es bastante conocido el hecho de que la temporada de navegación en los mares antárticos, se reduce, prácticamente, a la corta e impredecible temporada veraniega; por este motivo, es necesario aprovechar al máximo el tiempo disponible. Es aquí, justamente, donde este tipo de buque presta su máxima utilidad, que no es otra que permitir mantener abierta una ruta de navegación en mares moderadamente helados.

No existen antecedentes de transportes marítimos significativos al continente que no sean de carácter científico-militar. Las más importantes son las que ha realizado la Armada de los Estados Unidos de N. A., y se conocen con el nombre de Operación Deep Freeze. Por ejemplo, mencionemos la Operación "Highjump" (1946-1947), en esta oportunidad se emplearon trece buques grandes, incluyendo un portaaviones y un submarino, los cuales transportaron unos 4.000 hombres de la Armada. Los rompehielos tuvieron una destacada actuación al abrir un canal en el mar helado, en dirección a la Base de McMurdo. Los cargueros y petroleros descargaron 25.000 toneladas de carga. El costo de la operación fue de 19,8 millones de dólares, sin considerar los costos normales de operación de los transportes y el mantenimiento de sus tripulaciones.

La Armada norteamericana emplea, normalmente, de dos a cuatro rompehielos en las operaciones de reabastecimiento anual de sus bases. A lo menos uno de éstos debe invernar en el área. Estas unidades, además de sus funciones normales, se utilizan para efectuar tareas de investigación científica.

Para el futuro, se estima que una solución para el transporte marítimo sería utilizar un sistema de convoyes de buques similar al empleado por la Unión Soviética en la denominada "Ruta Marítima Norte". Estos convoyes utilizan uno o varios rompehielos para mantener esta ruta abierta. Los soviéticos, desde hace bastante tiempo, están utilizando rompehielos con propulsión nuclear.

El costo actual de la propulsión nuclear es prohibitivo para la gran mayoría de los países, pero su futura utilización no se debe descartar.

Reconocimiento de los hielos

La información precisa de la presencia de hielos en las rutas marí-

timas antárticas es de gran importancia para la seguridad de la vida en el mar y el arribo a su destino de las cargas por transportar.

Existen varios métodos para dar la ubicación de las masas de hielos que se desplazan o bien que permanecen estáticas impidiendo el acceso desde el mar al continente. El primero que podemos mencionar son las estaciones polares, luego el reconocimiento aéreo y, finalmente, los propios buques que se encuentran navegando en el área.

En relación con las estaciones polares, se distinguen cuatro tipos principales.

Estaciones permanentes, éstas cuentan con una dotación de personal que reside en ellas, y tienen como tarea la de entregar informaciones en forma regular, sobre las condiciones de hielo en su sector de responsabilidad. Podemos decir que las actuales bases e instalaciones existentes están cumpliendo con esta función.

Estaciones ocasionales, este tipo puede o no estar cubierto con personal. Son de carácter transitorio y, normalmente, se utilizan durante la temporada de navegación.

Estaciones automáticas, como su nombre lo indica, no están cubiertas con dotación y pueden consistir solamente en radiofaros e instrumental apropiado. Pueden ser de carácter permanente o transitorio.

Estaciones a la deriva, este tipo se ha experimentado en gran escala en el Océano Polar Artico. La estación puede o no llevar personal. Su misión principal consiste en determinar los desplazamientos de las masas de hielos, que tanto interesan a la navegación.

El reconocimiento aéreo es uno de los métodos más efectivos para cumplir esta tarea. En el Océano Atlántico Norte existe desde el año 1914 un patrullaje del hielo, mediante el cual se mantiene una información actualizada del desplazamiento de los hielos en esa parte del mundo, en orden a prevenir accidentes marítimos. Se organizó como una respuesta al hundimiento del RMS "Titanic", el 14-15 de abril de 1912, en el cual se perdieron más de 1.500 vidas humanas. El reconocimiento aéreo se puede decir que se inició el 6 de febrero de 1946, con el vuelo, para este propósito, del PBY-5A Catalina, perteneciente al U.S. Coast Guard, el cual despegó desde Argentina, Newfoundland, USA.

Para lograr un reconocimiento similar en el continente antártico, se cuenta con excelentes aeropuertos internacionales en los siguien-

tes países: Puntas Arenas, Chile; Christchurch, N. Zelanda; Islas Kerguelen, Francia; Wellington, N. Zelanda; Hobar, Tasmania; Melbourne y Perth, Australia; Ciudad del Cabo y Durban, Sudáfrica, y las Islas Malvinas, Gran Bretaña.

Una buena distribución por sectores de la exploración y patrullaje de reconocimiento de las condiciones de hielo permitiría, a lo menos, durante la temporada de navegación contar con la información adecuada y oportuna. Normalmente, el patrullaje aéreo se realiza en track de 1.000 a 1.500 millas de largo, lo cual toma entre 6 y 8 horas de duración. Los aviones vuelan a una velocidad de 200 millas por hora, con un espaciamiento entre los tracks de 25 millas. Esto permite obtener una excelente detección. Por razones de seguridad y economía, es usual que se empleen aeronaves multihélice. Para asegurar la detección con mal tiempo o en malas condiciones de visibilidad las aeronaves están provistas de un nuevo tipo de radar denominado SLAR (Side-looking-aireborne-radar) [2].

Otro aspecto que se encuentra en etapa de desarrollo es la utilización, para labores de supervigilancia y reconocimiento, de satélites geoestacionarios y/o satélites que describan una órbita tal, que proporcione una rápida cobertura del área comprendida entre las latitudes 50° y 60º sur. En la actualidad, existen satélites como los mencionados, que se están empleando para fines militares.

Red Meteorológica

Se ha mencionado anteriormente que el continente antártico tiene una poderosa influencia en la climatología del área y que afecta, especialmente, al extremo de América del Sur. Las actuales instalaciones científicas existentes tienen como tarea preferente recopilar e informar de las condiciones meteorológicas presentes, a fin de que éstas puedan ser utilizadas en la prognosis de las condiciones con que se encontrarán los navegantes del área, haciendo énfasis en las condiciones de hielo y tiempo atmosférico. El desarrollo actual no es del todo satisfactorio por existir amplias zonas que no tienen cobertura, como son las áreas oceánicas que rodean el continente. Esta deficiencia se podría solucionar en el futuro con el empleo de satélites meteorológicos o bien con estaciones oceánicas automáticas como lo ha propuesto la Oficina Meteorológica Mundial.

[2] Stephen R. OSMER, The Aerial Ice Patrol, USN Proceedings, March 1976, Págs. 102-103.

Empleo de Prácticos

La navegación en la Antártica es difícil, en parte, porque la cartografía es deficiente e insuficiente, y porque las condiciones especiales en que se debe desarrollar requieren de especialistas con vasta experiencia en el área. Nuestro país ha expresado claramente que cualquier actividad que se desarrolle en el sector antártico bajo nuestra soberanía, sean éstas realizadas por buques o aeronaves, deberá cumplir con las exigencias que se encuentran establecidas en la Ley de Navegación Chilena Marítima o Aérea y demás reglamentaciones sobre la materia. Es decir, en el caso de la navegación marítima en el sector chileno el empleo de un práctico es mandatorio.

Ayudas a la Navegación

Las ayudas a la navegación, tales como: faros, balizas, radiofaros, etc., aumentan su importancia para dar seguridad a una navegación, por ser difícil.

Las radio-ayudas a la navegación, tales como los Sistemas Loran IV, Decca, Omega y los Inerciales que se emplearon durante el tránsito bajo el casquete polar norte del submarino nuclear "Nautilus", en 1958, se están haciendo cada vez más comunes, lo que nos permite esperar una mayor seguridad para la vida en el mar, al contar con medios más confiables de situación.

Instalaciones Portuarias

Las instalaciones portuarias, aunque parezca de perogrullo, son indispensables para materializar el transporte marítimo. En el continente las existentes no cumplen con los requisitos mínimos, con muy escasas excepciones. En este orden de ideas, para futuro, se deberia pensar en adoptar, con las modificaciones pertinentes, las soluciones que se han alcanzado en el Océano Artico, tales como los terminales petroleros, muelles de pontones, estaciones satélites próximas a costa, etc.

Es conveniente en este momento destacar la importancia que adquieren las instalaciones y facilidades portuarias que puede proporcionar Punta Arenas como Base de Apoyo Logístico para el Transporte Antártico (combustible, víveres, repuestos, reparaciones). Asimismo, Puerto Williams, capital de la Provincia Antártica Chilena, es un lugar ideal para esperar condiciones favorables para cruzar el Paso Drake. En el área existen diversos lugares de carácter turístico, que los viajeros pueden visitar durante la obligada espera.

Las explotaciones que se están realizando de los recursos naturales renovables de la Antártica, en especial el krill, el cual por su frágil e inestable naturaleza, una vez que ha sido sacado de su hábitat, requiere de un rápido procesamiento para evitar su descomposición, hacen que la corta distancia a los terminales de Punta Arenas y Puerto Williams, sean alternativas viables para el futuro desarrollo de industrias procesadoras del recurso.

Capacidad de Reparaciones para Buques y Salvamento Marítimo

Estos aspectos están íntimamente relacionados con el anterior. Sólo contando con buenas y confiables instalaciones portuarias, además de la infraestructura de reparaciones, será posible prestar apoyo a aquellas unidades que lo necesiten. Si estudiamos las instalaciones que existen en el continente, concluiremos que este apoyo debe efectuarse fuera de él.

En Punta Arenas, en diversas oportunidades, se han reparado aquellas unidades que han presentado fallas o se ha producido un accidente marítimo. Citaremos un caso bastante reciente: las averías que sufrió el famoso buque científico "Calypso", del no menos célebre profesor Cousteau. Asimismo, rompehielos norteamericanos y británicos frecuentemente concurren a nuestras instalaciones durante sus períodos de operación en el sector.

Complementan la acción de Punta Arenas, los Astilleros de Reparaciones existentes en Talcahuano, donde se pueden reparar unidades de cualquier tonelaje, contando entre sus instalaciones con un Dique Seco para buques hasta de 35.000 toneladas.

En el aspecto Salvamento Marítimo, que debiera ser una de las preocupaciones preferentes en relación con la seguridad de la vida en el mar, es conveniente ir pensando en montar un servicio de carácter internacional, el cual debería contar con unidades de rescate —en lo posible rompehielos—, que estuvieran ubicados estratégicamente para concurrir ante cualquier siniestro o accidente marítimo.

Se propone un sistema de carácter internacional porque la solidaridad internacional siempre se ha hecho presente cuando ha ocurrido un accidente marítimo en el área. Don Oscar Pinochet ha dicho: "La Antártica es el continente donde los hombres se unen para subsistir"...[3].

[3] Oscar Pinochet de la Barra, La Antártica Chilena, 4ta. Edición, 1976.

Sobre el particular existen numerosos ejemplos, recordemos solamente el salvamento de los tripulantes del "Endurance", de la expedición al mando de Sir E. Shackleton, realizada por la Escampavía "Yelcho", el 30 de agosto de 1916; el salvamento de la M/N "Lindblad Explorer" y el apoyo al Rompehielos de la Armada Argentina "San Martín", que quedó aprisionado en los hielos el 26 de febrero de 1975.

Apoyo Médico

Es indispensable contar con asistencia médica en caso de accidentes y enfermedades que requieran evacuación del área de la Antártica. En el continente se cuenta con algunas pistas aéreas que permitirían un rápido traslado de los enfermos hacia los hospitales, (Base Argentina "Marambio" y Base USA de McMurdo).

Considerando las distancias existentes y que el factor tiempo puede ser vital para la atención médica de un enfermo, la ciudad de Punta Arenas surge como una excelente alternativa para brindar esta atención. Aquí se cuenta con un aeropuerto internacional y con un hospital con medios humanos y materiales para prestar cualquier tipo de asistencia médica. En el Cuadro Nº 1, se muestran las distancias desde el Polo Sur a los puntos más próximos al continente antártico.

CUADRO Nº 1

DISTANCIAS DESDE EL POLO SUR A AEROPUERTOS IMPORTANTES

Aeropuerto	*País*	*Millas náuticas*
Punta Arenas	Chile	1.592
Is. Falkland	G. Bretaña	1.680
Is. Kerguelen	Francia	2.440
Perth	Australia	3.480
Hobar	Tasmania	2.461[1]
Wellington	N. Zelandia	3.171[2]
Ciudad del Cabo	Sudáfrica	3.366
Durban	Sudáfrica	3.656[3]

[1] Vía Islas Macquarie (Australia).
[2] Vía Islas Macquarie (Australia) - Invercargill (N.Z.).
[3] Vía Edw (Fr.).

Apoyo Logístico

En la Antártica no podemos obtener nada, excepto agua que debe ser destilada, por este motivo, todo lo que se consuma deberá ser previsto y llevado desde el exterior.

En el aspecto de abastecimiento para los buques, sean éstos combustibles, aguada, víveres, repuestos y otros, lo ideal es contar con una fuente de reaprovisionamiento cercana al lugar de operación. Estos requisitos lo cumple, nuevamente, Punta Arenas, la que posee los medios para apoyar a aquellos buques que empleen la Ruta Marítima Antártica.

Otro aspecto, no menos importante, dice relación con el recreamiento de las tripulaciones y de los pasajeros de los buques que utilicen la Ruta. Punta Arenas dispone de buenas acomodaciones y tal vez, lo más importante, excelentes comunicaciones con cualquier punto del globo (Télex, Teléfono, etc.).

Los Costos

Para que el Transporte Marítimo Antártico sea posible, debe tener costos atractivos y competitivos. No existen muchos antecedentes en este aspecto. Como datos ilustrativos, citaremos los que se determinaron en la Operación Deep Freeze 65: éstos fueron de 300 dólares la tonelada (US$ 110 para carga y $ 190 para los servicios de rompehielos y buques auxiliares)[4]. El Informe de Van der Essen[5], menciona que existen compañías dinamarquesas que podrían bajar sus costos de operación para llegar a los mismos lugares de la expedición norteamericana, a un valor de US$ 72 la tonelada. Es evidente que si los buques zarpan desde lugares más próximos a la Antártica, sus costos serán menores. En este sentido Chile y Argentina tienen una ubicación privilegiada con respecto al continente.

Turismo

El Turismo es una de las formas de Transporte Marítimo que se está explotando comercialmente en la actualidad. El primer viaje

[4] Carlos Juan Moneta. Antártica Argentina. Revista Estrategia Nº 31/32, Nov/Dic. 1974. Pág. 23.

[5] Philippe Van der Essen. L'Economie des regiones polaries, realisations et perspectives, 4 de Julliet 1972. Institut Royal des Relations Internacionales, Bruselas.

turístico lo realizó la M/N "Navarino" de la Empresa Marítima del Estado de Chile, el 8 de febrero de 1959.

Anualmente, durante la temporada de verano, zarpan desde Chile y Argentina cruceros turísticos que cada vez tienen más aceptación, que incluyen no sólo el continente antártico sino que también los maravillosos canales patagónicos y magallánicos. Las firmas más importantes en este tráfico son "Ybarra" y "Lindblad". Recordemos que el turismo se podría clasificar en Social, Deportivo, Artístico, Científico y Recreativo. Algunas estadísticas indican que sólo desde Argentina unas 2.000 personas visitan anualmente el continente austral.

Otro atractivo, de los muchos que tiene la Antártica, que no ha sido explotado, se refiere a la posibilidad de practicar deportes invernales. Por ejemplo, próximo a la Base "Prat", se cuenta con canchas naturales de esquí, otras para prácticas de descensos y sectores aptos para realizar cross country esquí. Es factible que los deportistas utilicen estos lugares desde los meses de noviembre a marzo, si se cuenta con el transporte hacia y desde dicho lugar.

Finalmente, digamos que a los futuros turistas que visiten esta zona se les debe recordar, el Lema Antártico: "No tome nada, excepto fotografías. No deje nada, excepto sus huellas".

TRANSPORTE AEREO

El transporte aéreo en la Antártica presenta problemas similares al marítimo. En primer lugar, la carencia de pistas es un aspecto que limita su futuro desarrollo, aun cuando experimentos realizados por los norteamericanos han comprobado que es factible en determinadas oportunidades y lugares, efectuar aterrizajes y despegues utilizando esquíes.

Las severas condiciones meteorológicas existentes es otro factor limitador. Recordemos aquella oportunidad en el mes de octubre de 1960, cuando se efectuó el vuelo de un avión Hércules C-121L "Super Connies", de la Armada Norteamericana, desde Christchurch a McMurdo, para efectuarlo fue necesario contar con el apoyo de dos destructores de la misma Armada, en atención a que ante cualquier falla, al no existir pistas de emergencia, la supervivencia humana en las frígidas aguas del Océano Glacial Antártico, no es mayor de 10 minutos. El intenso frío no sólo afecta a las personas, sino también a los equipos y materiales. A modo de comparación, digamos que las experiencias realizadas en el Artico nos indican que cuando existan temperaturas del orden de menos de 50 grados Fa-

renheit, para hacer partir a una aeronave a pistón se requieren cinco horas de calentamiento.

Las bajas visibilidades durante los largos períodos de obscuridad, no solamente limitan la operación de aeronaves, buques y vehículos terrestres, sino que también introducen una seria tensión en las personas.

Asimismo, no se cuenta con estaciones equipadas para realizar reparaciones a las aeronaves. En este aspecto, el aeropuerto más cercano es Punta Arenas, el cual ya fue empleado como estación base para un levantamiento aerofotogramétrico de la Antártica, que realizaron aviones y tripulación de la Fuerza Aérea Norteamericana hace algunos años.

El combustible para los aviones es otro factor crítico. Durante la Operación Deep Freeze 67 fue necesario transportar cuatro millones de galones de bencina de aviación para apoyar las operaciones aéreas programadas en esa oportunidad. Al respecto, es interesante conocer que en esa oportunidad se determinó que se necesitan 1,3 galones de combustible para transportar un galón hacia el interior del continente.

En relación con los costos del transporte aéreo se ha estimado que éstos son del orden de 80 coronas por tonelada/milla[6], si se emplean aviones Hércules LC-130. Si las aeronaves en vez de esquí pudieran utilizar ruedas, los costos se reducirían en un 50%.

La ruta aérea de la Antártica, tiene una gran importancia en lo que se refiere a los vuelos transpolares. En este sentido los vuelos desde Puntas Arenas a Nueva Zelanda o Australia, no sólo son posibles, sino que su menor distancia con respecto a otras rutas aéreas representa una importante economía. Existen algunas experiencias que confirman esta aseveración. Asimismo, esta ruta se ha utilizado para cruceros turísticos. Uno de los primeros se realizó el 22 de diciembre de 1956, en que un avión DC-6B de la Línea Aérea Nacional de Chile, con 66 turistas a bordo, sobrevoló el Continente. También es oportuno recordar el transporte realizado en un vuelo transpolar entre N. Zelanda y Punta Arenas, con un cargamento de ovinos finos reproductores.

Para complementar esta visión de los vuelos antárticos, citaremos lo dicho por el Almirante Byrd, como conclusión de sus exploraciones del año 1947: "Durante los vuelos de nuestros tres grupos fue cubierta un área tan extensa como la mitad de los Estados Unidos.

[6] Philippe Van der Essen, art. cit. págs. 442-445.

De ella, por lo menos 340.000 millas cuadradas no habían sido vistas jamás por el hombre. También fue posible explorar alrededor de 75.000 millas cuadradas de mar que no había sido navegado. Más de 5.400 millas de costa fueron descubiertas, reubicadas o confirmadas"[7]. Lo anterior nos comprueba que los vuelos en esta zona son factibles de realizar con la actual tecnología de que disponemos.

TRANSPORTE TERRESTRE

En la Antártica, aunque sea obvio decirlo, el transporte terrestre no se ha desarrollado debido a las características propias de la región. Los inconvenientes que se han presentado han sido múltiples, además ha persistido la tendencia a implementar el establecimiento de estaciones periféricas. La mayoría de las instalaciones existentes en el interior, de preferencia, son abastecidas por la vía aérea.

Un inconveniente que debemos tener presente, se refiere a que a bajas temperaturas, la mayoría de los metales se tornan quebradizos, lo cual hace necesario desarrollar tecnologías especiales para la construcción de equipos y materiales que se utilicen en zonas de temperaturas extremas. A modo de ejemplo, digamos que los bulldozers no pueden trabajar con temperaturas inferiores a menos de 30 grados Farenheit, debido a que algunas partes de sus componentes, tales como las palas, se quiebran con facilidad. En el caso de los camiones y vehículos destinados a trabajos pesados, éstos no deben detener sus motores, a menos que cuenten con calefactores especiales. Por otra parte, nuevamente, es necesario mencionar que los intensos fríos tienden a reducir las actividades de hombres y máquinas, además del efecto sicológico adverso en las personas que se ha detectado en diversas expediciones antárticas y árticas.

Relacionado con lo anterior, hay que mencionar el efecto del viento helado en la eficiencia de las personas. A temperaturas de 10 grados Farenheit y con un viento de 20 millas/hora, su efecto es equivalente a soportar una temperatura de menos de 30 grados Farenheit.

Por el momento no se visualiza un empleo masivo de un transporte terrestre antártico, a menos que, en el futuro, se encuentren recursos naturales de características y entidades tales que con el avance tecnológico sea económica su explotación. De ser así, será el mo-

[7] Richard Byrd. "Our Navy Explores Antarctica". The National Geographic Magazine, Oct. 1947.

mento de recurrir a las experiencias que sobre transporte terrestre se hayan obtenido en las regiones árticas, especialmente en Siberia y Alaska. Lo que sí se desprende claramente, es que al no existir transporte terrestre en esta región, el marítimo seguirá siendo la respuesta para la actual coyuntura.

Balance y perspectivas

A pesar de los esfuerzos internacionales desarrollados hasta la fecha, la Antártica sigue siendo el continente del futuro, en el cual queda mucho por hacer en materia de transporte en próximas décadas.

Aparece como evidente que para encarar cualquier desarrollo o explotación de los recursos naturales el transporte tiene un papel preponderante. Por otra parte, la probable explotación de cualquier recurso dependerá de que se cuente con un medio económico de transporte. Los costos actuales, con la escasa información disponible, en su mayoría derivada de experiencias militares, pareciera indicar que esto no se podrá lograr a corto plazo, con la excepción del transporte de pasajeros con fines turísticos.

Una posibilidad de transporte marítimo, que se ha anunciado en diversas oportunidades, se refiere al empleo de un submarino nuclear para el transporte de combustible. Este submarino presenta, entre otras, las siguientes características que tienden a minimizar algunas de las dificultades que presenta la navegación en el Océano Glacial Antártico. Tendría una capacidad de, a lo menos, 25.000 toneladas y una velocidad de crucero de 25 nudos. La capacidad de sumergirse le permitiría aminorar los efectos de los malos tiempos y mares gruesas. Sus sonares le permitirían navegar bajo el hielo para aproximarse a las tomas de petróleo que también podrían ser submarinas. Su velocidad le da la capacidad de cubrir cualquier distancia en un tiempo prudente. El desarrollo tecnológico presente nos permite suponer que cualquier dificultad que se evidencie para materializar este novedoso método de transporte, será resuelta dentro de la próxima década.

El Comité Científico para la Investigación Antártica (SCAR), que es el organismo encargado de incrementar la coordinación de las investigaciones científicas en la Antártica, deberá promover el esfuerzo de todas las naciones interesadas en utilizar, ya sea la Ruta Marítima o la Transpolar Antártica, a fin de obtener una mejor prognosis de las condiciones meteorológicas, como asimismo, del desarrollo de otras ciencias que nos interesan para dar seguridad a la navegación.

El empleo de satélites, como ya se ha dicho, puede ser la respuesta para dilucidar nuestra incertidumbre sobre las condiciones de hielo, desplazamiento de icebergs, pack-ice, desarrollo y evolución de las depresiones ciclónicas; con lo cual se podría implementar un sistema de Ayuda a la navegación, similar al "Optimum Track Ship Routing", que emplea la Armada Norteamericana en el Hemisferio Norte.

Para materializar esta idea se deberían crear centros recopiladores de información, los cuales podrían establecerse en Punta Arenas, Chile; Christchurch, N. Zelanda; Perth, Australia; Islas Kerguelen, Francia y Ciudad del Cabo en Sudáfrica, de tal suerte que se lograría tener una cobertura total del Océano Glacial Antártico.

Todo transporte marítimo crea el problema de que si no se adoptan estrictas medidas de prevención, el riesgo de la contaminación es grande, con la consiguiente destrucción de los ecosistemas, lo cual está en contraposición con las disposiciones del Tratado Antártico. Una forma de contrarrestar esta posibilidad sería conformar un Sistema de Control de la Contaminación, similar al que emplea la Organización Consultiva Marítima Intergubernamental, más conocida como IMCO. Las disposiciones de IMCO deberían ser mandatorias para todo buque que navegue esta Ruta. Aun más, se deberían aplicar las mismas sanciones económicas a los infractores. (En los EE.UU. de N. A., las multas pueden llegar a US$ 10.000 dólares y/o un año de cárcel).

El diseño de los buques que cubran la Ruta, deberá sufrir grandes transformaciones en el futuro. Ya se mencionó el caso del Submarino con propulsión nuclear; también se realizan estudios para diseñar un superpetrolero-rompehielos para operar en el Artico. De su empleo en el Antártico hay sólo un paso. El incremento del tamaño de los buques ha permitido obtener beneficios económicos, al disminuir el costo de transporte de la tonelada/milla. Por otra parte, las disposiciones internacionales para controlar la contaminación afectarán al diseño de los buques y a la construcción de los futuros terminales marítimos antárticos.

El Transporte Aéreo Transpolar es la forma de transporte que tiene mayores posibilidades de convertirse en realidad a corto plazo, las menores distancias y la posibilidad que los nuevos aviones de alta velocidad vuelen sobre áreas despobladas, sin problemas de ruidos, es una alternativa viable, que ya debe estar siendo considerada por las compañías aéreas internacionales.

TRANSPORT AND TOURISM IN ANTARCTIC DEVELOPMENT

R. B. Thomson
Superintendent, Antarctic Division, Department of Scientific and Industrial Research, Christchurch, New Zealand

Early explorers to Antarctica were faced with a tedious and hazardous voyage of many weeks, even months, to get to the frozen and little known continent. Radio communication was as yet unknown, thus these men experienced total isolation often cut off from the outside world for years before someone came looking for them.

In these early times transportation within the Antarctic continent was also a slow and hazardous task. Ponies, mules, dogs and men were used to haul light sledges over the difficult surfaces that stretched for hundreds of miles towards the interior of this inhospitable continent. Often, nature won over man turning him back, sometimes destroying him in his thirst for adventure and scientific knowledge.

During the early part of this century, sailing ships were replaced with steam powered vessels which were able to force their way through the ice more effectively and so reach the continent in considerably less time. Explorers of this time took strange looking gasoline powered vehicles with them to transport them over the icy wastelands. More often than not, however, the wheels and tracks sank into the soft snow and the men had to revert to their older methods for hauling supplies and equipment —dogs and themselves.

But in the late 1920s a new machine appeared in the Antarctic, the aeroplane, and its success lead to the acceptance and development of the aircraft in later years as the best method of transport particularly for the long distances to and within Antarctica.

Soon after World War II, many nations sent major expeditions to Antarctica and established bases there. Newer and more powerful ships were used supported by aircraft with yet another newcomer to the Antarctic scene, the helicopter. Specially built over-snow vehicles with wide tracks also appeared and were used with moderate success to transport explorers to remote areas.

The first coordinated onslaught of Antarctica by many nations occurred during the I.G.Y. (1957). This new era of Antarctic exploration brought with it many advances in transportation, quicker, safer and more versatile ships, aircraft, and over-snow vehicles began

to bring even the interior of the continent within range of the explorer and scientist.

These developments in many modes of transportation have continued through the years until today aircraft depart from southern hemisphere countries and reach the Antarctic Continent in the same number of hours that were weeks for the ships of fifty years ago. But Antarctica itself remains unchanged and it presents today the same hazards for the unwary or ill equipped traveller.

With the improvement to Antarctic transport of recent years came the increase of interest in the commercial world in developing tours to this last frontier. Tour promotors did manage initially to arrange some flights providing a few hours of ground time in Antarctica but the ship appealed to most organisers as being the most reliable, safe and economic way. Many Treaty Countries, including New Zealand, were immediately concerned with the safety factors, and environmental and othercon sequences that migt result from tourist visits. New Zealand drew up a policy statement on tourist visits to Antarctica (Appendix 1) and many other countries soon followed suit. The "Effects of Tourists in the Antarctic Treaty Area" became one of the agenda items for discussion at Antarctic Treaty Consultative Meeting and further discussions have yet to take place.

Tourist visits to the Ross Sea Area during the late 1960s and early 1970s were not too successful. Tour flights to McMurdo were considered "unsafe" and there were numerous additional major problems to be considered such as lack of passenger facilities and accommodation on "the ice" and the unpredictable nature of the weather which meant that once landed the aircraft may remain grounded for some days.

Tourist expeditions by ship departing from Australia and New Zealand although well supported by tourists, but due to the distances involved, were costly and monotonous voyages often culminating in bitter disappointment when ice conditions and poor weather precluded passengers being put ashore or to even view closely the scenery of Antarctica. Ships operating from South America had a much shorter route and a greater variety of accessible areas of interest to visit, thus tour organisers stepped up their activities in this area as they withdrew from the Ross Sea.

In February 1977 a new and novel form of Antarctic tourism was initiated by Quantas and Air New Zealand with sight seeing flights over selected areas of the continent. These flights left from New Zealand and Australia and in their duration of 11 to 13 hours flew

over Sub Antarctic Islands and with 3-4 hours over the continent Such flights with long range "Jumbo" aircraft provide the necessary high degree of safety and have no effect on the Antarctic environment, Passengers were well pleased with their sight seeing so it would seem many more similar flights will be made in the future.

Future development of tourism in Antarctica is likely to be slow, linked closely with improvements in various forms of transportation, the provision or availability of adequate facilities on the continent and the economics of such ventures. Meanwhile, Antarctic Treaty Countries will be looking more closely at the likely effects of future tourist groups, the problems of jurisdiction, and possibly selecting special sites of tourist interest where visitors may go in comparative safety but with minimal likely effect on scientific programmes or the delicate environment of Antarctica.

APPENDIX 1

POLICY STATEMENT ON THE ROLE OF NEW ZEALAND IN TOURIST EXPEDITIONS TO ANTARCTICA

INTRODUCTION

1. The New Zealand Government does not control the access of ships into Antarctic waters for peaceful purposes.

2. The New Zealand Government does exercise control on whether and under what conditions tourists may visit any New Zealand bases in Antarctica.

3. Under the Antarctic Act 1960, the New Zealand Government has full jurisdiction over its nationals in the Ross Dependency. This jurisdiction is exercised by the senior New Zealand official in the Dependency, usually the Leader, Scott Base.

4. Under the Antarctic Treaty, the New Zealand Government is responsible to ensure as far as possible that persons visiting Antarctica comply with the provisions of the Antarctic Treaty, the recommendations of consultative meetings that are effective, and the agreed measures for the conservation of Antarctic fauna and flora.

5. Under the Antarctic Treaty, the New Zealand Government is required to inform the other Contracting Parties, in advance, of "all expeditions to and within Antarctic, on the part of its ships or nationals, and of expeditions organised in and proceeding from its te-

rritories". In the case of tourist expeditions, special notice must also be given to any other Government whose station the expedition plans to visit.

APPROVAL IN PRINCIPLE TO VISIT NEW ZEALAND STATIONS

Approval in principle, by the New Zealand Government through the Superintendent, Antarctic Division, D.S.I.R., to visit New Zealand stations (including historic huts) would require:

a) Evidence that a proposed tourist expedition is entirely self-supporting, that adequate safety precautions are being undertaken, and that the tour organisers show and accept a strict sense of responsibility;
b) Assurances that the tourist organisers will comply with the provisions of the Antarctic Treaty, the recomendations of consultative meetings that are effective, the agreed measures for the conservation of Antarctic fauna and flora, and the conditions applicable at stations to be visited.

CONDITIONS APPLICABLE TO TOURIST GROUPS VISITING NEW ZEALAND ANTARCTIC STATIONS

Leader, Scott Base, will be responsible for finalising details of visits to New Zealand stations, historic huts, and science areas once New Zealand Government approval in principle through Superintendent, Antarctic Division, D.S.I.R., has been given. The Leader, Scott Base, is not permitted to approve a visit without New Zealand Government approval in principle.

The following specific conditions will normally apply, but may be amended or added to as necessary in specific circumstances.

1. Leader, Scott Base, must receive a minimum of six hours and maximum of twenty-four hours prior notice of a proposed visit to a New Zealand base, historic hut, or science area. He would then advise the tour leader whether such a visit at the time requested is permissible.

2. The number and lenght of visits by any tourist expedition will be limited. Leader, Scott Base, will determine these limits depending on the situation at Scott Base at that particular time.

3. At the commencement of the agreed visit, Leader, Scott Base, will brief tourist groups on various aspects of the New Zealand

Antarctic Research Programme and the local restrictions to be observed by all visiting tourist groups.

4. Normal courtesies will be extended to tourists, but operational limitations within Antarctica will restrict such courtesies and common services.

5. Since the tour group must be entirely self-sufficient the New Zealand Government will not be required to assist with transportation, operational support, food or shelter. Such support and assistance will be provided only in an emergency situation. Reimbursement by the tour organisers will be required where goods and services are furnished beyond a humanitarian assistance and rescue situation.

6. The safety of all members of a tourist party is the responsibility of the tour organiser. Whilst all reasonable precautions will be taken to ensure the safety of tourists visiting New Zealand bases, the New Zealand Government will not accept any liability for accident or injury sustained by tourists at any time within Antarctica.

7. Designated "Science Areas" are out of bounds to tourists unless they are guided through such areas as part of an organised visitor group and accompanied by an official from Scott Base.

8. Although Scott Base is designed for male only living, arrangements may be made for women to accompany tourist groups that may be provided with an organised tour of certain areas of the base.

9. Post Office facilities at Scott Base will be available for use by tourists. Under existing circumstances, these facilities are limited and hours of business restricted. Leader, Scott Base, should receive prior notice from the tour leader detailing numbers of persons desiring to use these facilities at any time other than during an organised visit. Permission granted by the Leader, Scott Base, in these circumstances does not entitle tourists to visit any other part of the base.

10. Any visits of station personnel to the expedition ship can only be arranged through the Leader, Scott Base.

11. In the event of any member of the tourist group, or the group as a whole not complying with any of the conditions applicable in the above, the Leader, Scott Base, will cancel all arrangements made with the tour leader.

PARTE SEXTA

Desarrollo antártico y medio ambiente

DESARROLLO ANTARTICO Y MEDIO AMBIENTE COSTERO

Carlos A. Moreno
Instituto de Ecología, Universidad Austral de Chile

Introducción

La conservación del medio ambiente es, ciertamente, una de las mayores tareas que enfrenta el hombre de nuestros días. El problema ha derivado de la falta de armonía entre el progreso tecnológico de la humanidad y el respeto hacia los ambientes naturales. En el caso de la Antártica, que por factores geográficos y climáticos, ha permanecido prácticamente no disturbada por el hombre, se presenta una situación especial y única. La de aprovechar los conocimientos científicos para que las actividades humanas comiencen a desarrollarse en un marco armónico con las características naturales No sólo referido al establecimiento de áreas protegidas, como santuarios de la naturaleza, sino a toda la extensión territorial y mares adyacentes.

Para la prosecución de este objetivo debe tenerse en cuenta que hay dos formas principales, por las cuales en otras áreas del mundo no se ha dado esta armonía; el efecto de la contaminación ambiental y de la explotación indiscriminada de los recursos naturales renovables. Algunos tipos de contaminación y la explotación de recursos renovables pueden ser analizados bajo un enfoque común, derivado de la teoría ecológica de organización y estructura de las comunidades naturales. En este trabajo pretendo ilustrar este punto con las comunidades costeras antárticas, puesto que hasta el presente es la zona que aparece como más vulnerable a la acción humana, tanto porque la mayoría de las bases se encuentran en la costa, como por la existencia de una serie de poblaciones de especies animales que pueden ser consideradas como "Potenciales recursos naturales renovables".

Regulación del tamaño poblacional e interacciones biológicas

Las primeras investigaciones en las áreas costeras de la Antartica, especialmente de los organismos albergados en los primeros 50 m del fondo del mar (zona sublitoral cercana), pusieron en evidencia

la existencia de una alta diversidad de especies. (Andriashev, 1966; Deaborn, 1967; Arnaud, 1974; Dayton *et al.*, 1971), ampliamente dominadas por formas sésiles (Hedgpeth, 1971), y cuyas tasas de crecimiento, en su mayoría, son muy lentas (Dayton *et al.*, 1971). Relacionados entre sí en complejas redes tróficas (Knox, 1970; Dayton *et al.*, 1971). Igual caso ocurre con la fauna móvil asociada en estas comunidades (Arnaud, 1974; Moreno y Bahamonde, 1975; Moreno y Osorio, 1977).

Esta alta diversidad, ha sido relacionada con la gran estabilidad ambiental referida a factores como temperatura, salinidad, etc. (Gallardo, 1966; cf.: Sanders, 1969), que más abajo de la influencia del Pack-ice (—30 m), prácticamente no cambian en todo el año. (Littlepege, 1965; Everson, 1970).

Dayton (1972) ha criticado este enfoque sobre la diversidad, puesto que él considera que se ha estudiado la estructura y organización de las comunidades en base a mediciones irrelevantes o a la consideración de parámetros insuficientes, refiriéndose, lógicamente, a los estudios descriptivos y estáticos. Esta crítica está basada en que la mayoría de los estudios efectuados no permiten realizar una predicción, en orden de conocer el probable efecto de una intervención humana disturbadora. Adjetivo con el cual se podría considerar, en un contexto ecológico, la explotación de cualquier organismo o los efectos de algunos tipos de contaminación. La base teórica de esta crítica proviene de resultados de "experimentos ambientales" realizados por Paine (1966, 1969), donde se plantea la hipótesis que la diversidad de especies en una comunidad, al menos en escala local, se debe al efecto de un tipo de interacción biológica —la predación—, la cual impide que una población monopolice todos los recursos disponibles, y así el predador evita la competencia entre sus presas. Recientemente, Menge y Sutherland (1976) consideran que si bien la predación es un factor importante en la regulación del tamaño poblacional de los organismos de bajo nivel trófico, la competencia lo es de los altos. Estas hipótesis tienen el gran valor de poder ser sometidas a prueba, y no solamente por la coherencia interna de sus argumentaciones.

Las causas de las cuales depende la característica diversidad en las comunidades, son críticas y necesarias para todo estudio que desee evaluar los cambios introducidos por el hombre, directa o indirectamente, sobre las comunidades naturales. Puesto que tanto la contaminación como la explotación de recursos tienden a disminuir el número de especies en un ambiente.

Siguiendo el pensamiento de Dayton (1972), la interpretación de la estructura comunitaria depende de comprender los factores que determinan los patrones de abundancia y distribución de las poblaciones en el tiempo y en el espacio. Aparece claramente que tal interpretación sólo puede hacerse conociendo tanto la influencia de los factores abióticos como el rol funcional de las poblaciones en el crecimiento y regulación de otras poblaciones en la comunidad.

Si se asume que no existe inmigración ni emigración de los individuos de una población, los parámetros que pueden describir mejor los cambios en su tamaño son la tasa de natalidad y la de mortalidad. De acuerdo con Cole (1954), los cambios en la tasa de natalidad son leves y muy difíciles de evaluar; en cambio las alteraciones en la tasa de mortalidad son mucho más importantes y explicativas en las variaciones del tamaño de una población. La predación natural es un importante factor de mortalidad en la mayoría de las poblaciones naturales. De ahí que un estudio de las relaciones tróficas tenga un alto valor predictivo en los cambios que podrían ocurrir a nivel de la comunidad por explotación o efecto de contaminación ambiental.

Relaciones tróficas de peces: un ejemplo de estudio predictivo

Analicemos estos conceptos en un segmento de comunidad costera formado por los peces. Es evidente que estos organismos en todos los mares del mundo constituyen un recurso natural renovable de gran valor económico, y es posible, en el futuro desarrollo de la Antártica, pensar también en su explotación. De inmediato surgen dos preguntas: ¿pueden considerarse los peces antárticos como un recurso potencial? y ¿qué efecto produciría sobre la comunidad costera su explotación?

Para responder ambas preguntas, revisemos en líneas generales nuestro actual conocimiento de estos organismos. Especialmente lo concerniente a su abundancia, ciclos biológicos y su rol funcional en las comunidades costeras antárticas.

a) Densidad. Sin pretender hacer una evaluación de recursos, durante la realización del proyecto de Ecología de peces, en desarrollo por el autor y colaboradores, con el eficaz patrocinio del Instituto Antártico Chileno, se han obtenido datos sobre la densidad relativa de las especies más comunes en Bahía South (Isla Doumer, Archipiélago de Palmer), en base al rendimiento por cada 100 anzuelos de espinel (long-line) cada 8 horas (Fig. 1). Estos datos señalan una alta abundancia de *Notothenia co-*

riiceps neglecta Nybelin y de *Notothenia gibberifrons* Lönberg. Otras especies de mayor tamaño, como *Dissostichus mawsoni* Norman y *Notothenia rossii marmorata* Fisher, son relativamente escasas en este lugar. En este último caso, en que se trata de una especie bentopelágica (Bahamonde y Moreno, 1970, y Moreno y Bahamonde, 1975), probablemente aparezca mal representada, puesto que la técnica de captura utilizada se dispone sobre el fondo. En términos de biomasa, Everson (1970) estima en las islas Signy, una cantidad de 19,4 g/m² de *N. coriiceps neglecta.* Nuestras observaciones en Bahía South, realizadas con buceo en el cinturón de algas (−5 a −25 m), nos dan cifras de 1 ejemplar de *N. coriiceps* por cada 8 a 10 m². Asumiendo un peso promedio de 250 g por individuo, la biomasa de esta especie en este lugar es de 25 g/m² a 31 g/m². Incluyendo el valor de Everson, estas cifras son altas. Lamentablemente no existen estimaciones de biomasa para otras especies.

b) Ciclos biológicos. De acuerdo con los trabajos de Olsen (1954), Hureau (1970) y Everson (1970), realizados en varias especies de peces costeros antárticos, las tasas de crecimiento individual de estas especies son bajas (Fig. 2), y la longevidad alta. Con la excepción de *N. rossii,* que presenta un crecimiento relativamente rápido en relación con otras especies de la familia Nototheni-dae. Los ciclos reproductivos en estos peces son tardíos. En la mayoría de las especies estudiadas maduran sexualmente en o después de 4 a 5 años de vida (Hureau, 1970). Las observaciones sobre fecundidad en estas especies son escasas, pero la magnitud de la puesta en *N. coriiceps, T. bernacchii* y *T. hansoni,* va entre 2.000 a 10.000 ovocitos. La excepción la constituye *N. Lossii,* cuya fecundidad relativa va de 46 a 53.000 ovocitos (Hureau, 1970).

Todos estos antecedentes son un indicio de una baja producción secundaria. En efecto, Everson (1970), al estudiar el presupuesto energético de *N. coriiceps neglecta,* considera que la eficiencia de transformación de energía de alimentos a producción es baja (5%), debido al efecto de la adaptación al frío y, posiblemente, a que el alimento puede ser energéticamente limitado. Una situación diferente se presenta en *N. rossii,* la cual puede utilizar como alimento el krill, más eficientemente que sus presas bentónicas (Everson, 1970). Las migraciones estacionales hacia el sistema pelágico en busca de krill de *N. rossii* fueron observadas por Nybelin (1947), y luego estudiadas por Olsen (1954).

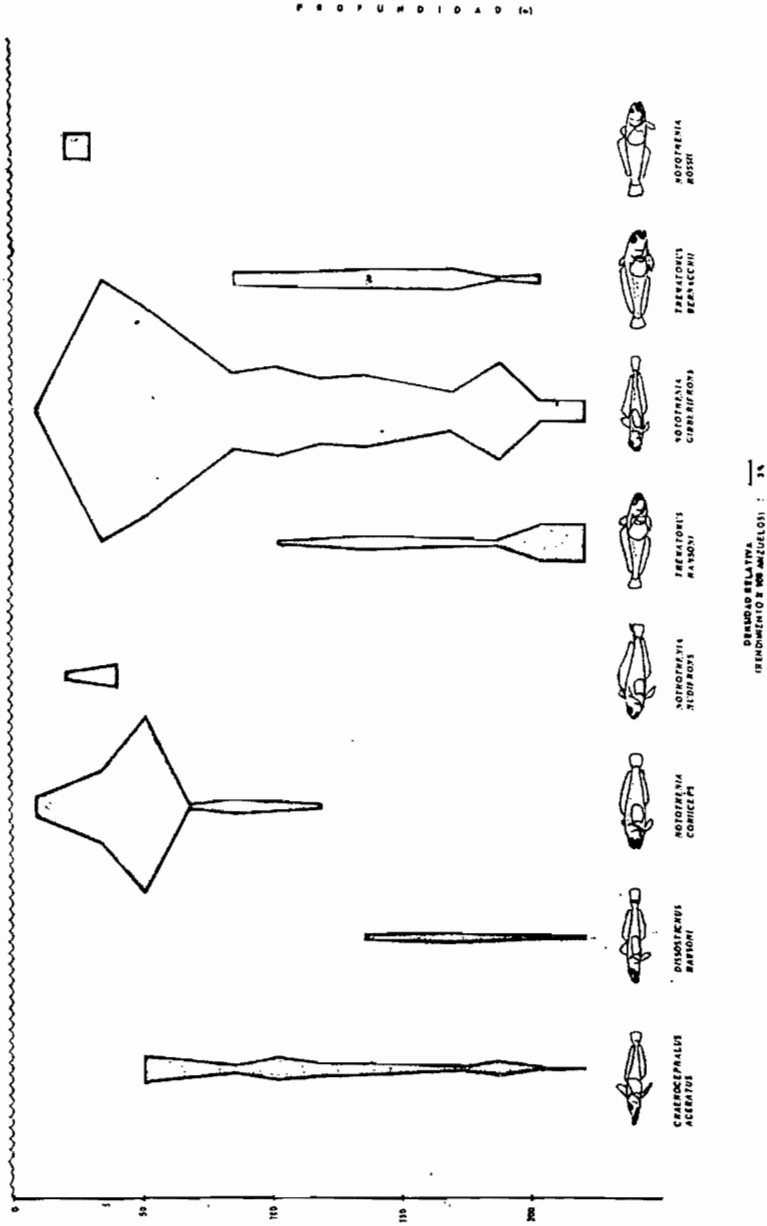


Fig. 1. Abundancia relativa de las poblaciones de peces de Bahía South, colectadas sobre el fondo con espinel (long-line).

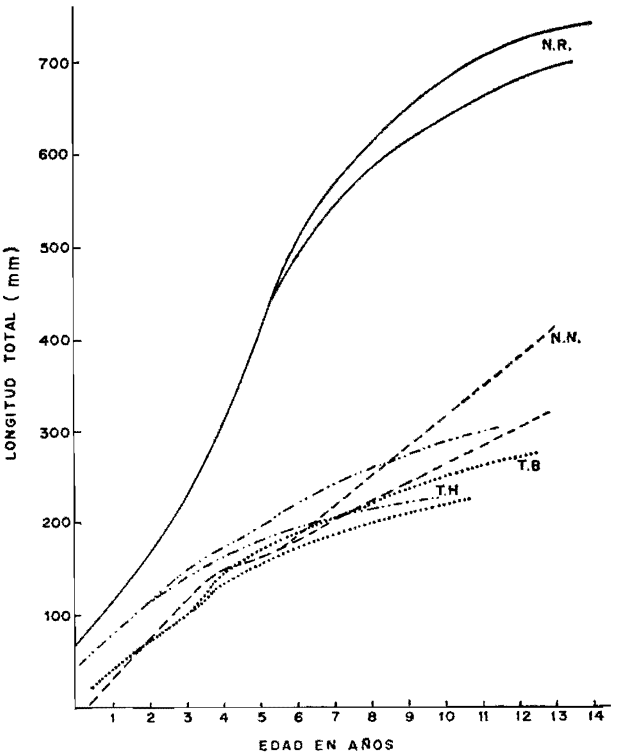


Fig. 2. Curvas de crecimiento en longitud de algunas especies de peces costeros antárticos, según Hureau, 1970.

Clave:

N.R. = *Notothenia rossi marmorata*
N.N. = *Notothenia coriiceps neglecta*
T.B. = *Trematomus bernacchii*
T.H. = *Trematomus hansoni*

En todos los casos la línea superior corresponde a hembras.

c) Relaciones tróficas. Las cadenas alimentarias que involucran a los peces costeros antárticos son complejas, y las dietas de las especies estudiadas presentan una composición específica variable, tanto si se analizan en sentido batimétrico (Moreno y Osorio, 1977) como en escala geográfica. Un buen ejemplo de esto último lo constituye la comparación de los moluscos encontrados en las dietas de *N. coriiceps neglecta*, en varios lugares alrededor de la Antártica (Cuadro 1), donde se observa que cambian la composición específica en cada lugar.

Del análisis de la trama alimentaria de la zona del Pack-ice en Bahía South, se desprende que gran parte de las cadenas alimentarias costeras tienen su origen en el detritus, al igual que en el sector litoral de las Shetland del Sur (Moreno y Bahamonde, 1975) (Fig. 3). Esto constituye un indicio de que las comunidades costeras poseen un alto grado de madurez (Odum, 1969). En la misma trama se observa que los peces constituyen un recurso casi exclusivo para

Cuadro Nº 1

COMPOSICION ESPECIFICA DE LOS MOLUSCOS EN LAS DIETAS DE *NOTOTHENIA CORIICEPS NEGLECTA* NYBELIN EN TRES LOCALIDADES DE LA ANTARTICA*

Tierra Adelia, Archipiélago de punta Geología (de Arnaud y Hureau, 1966).

Laevilittorina antarctica	*Subonoba deserta*
Eatoniella Kerguelensis	*Margarella refulgena*
E. subrufescena	*Submargarita crebrilirulata*
Rissoa adarenesis	*Pareathria innocens*
Subonoba turqueti	*Lantermulla elliptica*
S. gelida	

Shetland del Sur, Isla Greenwich, Bahía Chile.
(de Moreno y Bahamonde, 1975).

Laevilacunaria bransfieldensis
Margarita antarctica
Patinigera polaris

Archipiélago de Palmer, Isla Deumer, Bahía South.
(de Moreno y Zamorano, no publicado).

Laevilacunaria bransfieldensis	*Eatoniella Kerguelensis*
Margarita antarctica	*Pellilitorita pellita*
Patinigeria polaris	*Yoldia (Aequiyoldia) eighsi*

* Más de 50 estómagos analizados en todos los casos.

focas de Weddell y, probablemente, otras especies de Pinnipedios. En igual situación se encuentran aves, como el pingüino papúa (*Pigoscelis papúa*) y el cormorán de ojos azules, *Phalacrocorax atriceps bansfieldensis* (Schlatter y Moreno, 1977). Otras aves nidificantes costeras, como el *gaviotín antártico (Sterna vittata)*, consume juveniles de Nothenidae y *Electrona antártica* (observación del autor en Bahía South, enero 1977), en cantidades apreciables, que van entre 4 a 6 ejemplares capturados por día.

La respuesta ahora a la pregunta si los peces constituyen un recurso potencial es afirmativa. Sólo que todas las especies no pueden considerarse en conjunto. *N. coriiceps,* por ejemplo, de alta biomasa (19,4 g/m^2 — 25 g/m^2), en algunos lugares de la Península Antártica, pero, con largo ciclo de vida, crecimiento lento y producción secundaria baja (0,34 g/m^2/año), con una pesquería específica, agotaría rápidamente los stocks. Diferente es el caso de *Notothenia*

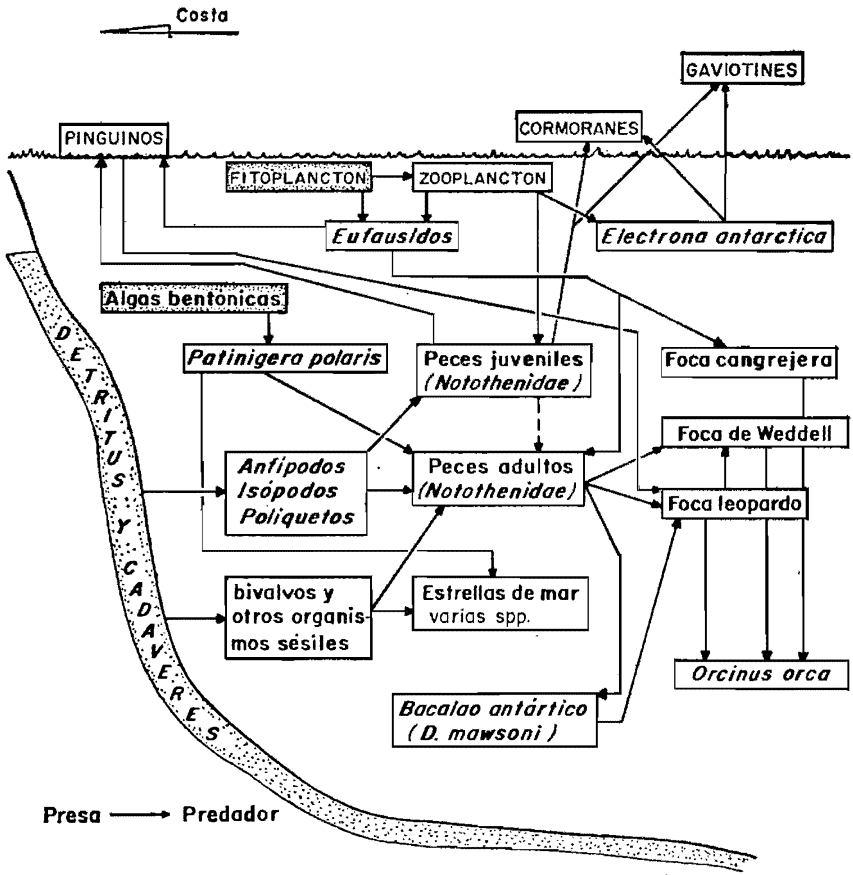


Fig. 3. Red trófica simplificada, que muestra las relaciones presa → predador en la zona costera de Bahía South. El sentido de las flechas indica la dirección del flujo energético (de datos no publicados obtenidos por Moreno *et. al.*, en 1973, 1975 y 1977)

rossii, que aparece como más prometedora como recurso por su crecimiento más rápido, migración hacia el sistema pelágico, etc. Lo importante de destacar es que en el futuro estos organismos podrían llegar a ser explotados. Pero, ¿qué consecuencia tendría para la comunidad costera su disminución poblacional? Como se observó en la trama trófica, los peces constituyen eslabones intermedios entre los invertebrados marinos, especialmente, bentónicos y Pinnipedios y aves. Aparece como obvio que una disminución en el tamaño poblacional de los peces afectaría las disponibilidades de alimento pa-

ra algunas especies de Pinnipedios y aves, disminuyendo para éstos la capacidad de soporte ambiental. Si aceptamos un modelo logista de crecimiento poblacional, la conclusión es obvia, sólo puede esperarse un descenso de las poblaciones predadoras (vg., focas y aves).

Ciertamente, por razones de predación selectiva de tamaño y necesidades energéticas, los invertebrados quedan fuera del espectro trófico de los Pinnipedios, no así para las aves buceadoras, pero hay que tener en cuenta que los actuales patrones de alimentación son consecuencia de largo tiempo de selección natural (Elton, 1927), y no puede esperarse cambios bruscos en la alimentación de las especies por efecto de la manipulación del hombre sobre las comunidades.

De tal manera que podemos pensar razonablemente que la mantención de los peces en las comunidades costeras es requisito para mantener las poblaciones de focas. Lamentablemente, pocos estudios sobre las dietas de las focas se han llevado a cabo, y menos sobre sus requerimientos energéticos, lo que atenta para las futuras medidas de conservación y uso del medio costero antártico.

Por otro lado, ¿qué cambios ocurrirían con los organismos que consumen los peces? Lógicamente, de acuerdo con la teoría, deberíamos esperar un aumento de sus tamaños poblacionales. Sin embargo, como poco sabemos de su biología, sus hábitos alimentarios, tasas de crecimiento, disponibilidad de alimento, etc., resulta muy difícil realizar predicciones en este sentido, puesto que pueden, en ausencia de un predador, producirse interacciones competitivas que disminuyen notablemente la diversidad y características de las comunidades que conforman.

En suma, a nuestro juicio, sólo es posible pensar en que un aumento de las actividades humanas, como compatible con la mantención de las características del ambiente costero de la Antártica, si disponemos de los conocimientos necesarios sobre la organización de las comunidades naturales en estos lugares. Que permitan la toma de decisiones sobre qué organismos y qué cantidad pueden obtenerse, cambiando el viejo concepto de explotación por uno de "manejo". Porque, sin duda, la explotación indiscriminada de recursos naturales renovables puede afectar más a las comunidades y, eventualmente, al ecosistema, que algunos tipos de contaminación. Puesto que actualmente existe la tecnología que puede superar este problema Sólo faltan la decisión política y la inversión monetaria que ella requiere.

Sin embargo, la necesidad de estudio en las comunidades naturales

es aún muy alta, debiéndose dejar de lado la creencia de que en la Antártica "sólo" hay que estudiar aquellos organismos que en el futuro puedan ser considerados como "recursos potenciales", ya que ellos en estado silvestre no viven independientemente del resto de la comunidad que integran. Sin estos conocimientos todo el esfuerzo desplegado por preservar fauna y flora de la Antártica hasta el presente sería inútil.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANDRIASHEV, A. P., 1968. The problem of the life community associated with the antarctic fast ice. En Simposio de Oceanografía Antártica. Santiago, Chile, septiembre, 1966, 16 pp. Mimeogr.

ARNAUD, P. y J. C., HUREAU. 1966. Régime alimentaire de trois Téléostéens Nototheniidae antarctiques. (Terre Adélie). Bull. Inst. Oceanogr. Monaco, *66* (1368) : 1-24.

ARNAUD P., 1974. Contribution a la bionomie Marine benthique des Régions Antarctique et subantarctique. Téthys *6* (3) : 465-656.

BAHAMONDE, N. y C. MORENO, 1970. Relaciones tróficas en *Notothenia rossii marmorata* Fisher y *Notothenia ccriiceps neglecta* Nybelin de Bahía Chile, Antártica. Bol. Inst. Ant. Chileno (5) : 3-10.

COLE, L. C. 1954. The population consecuences of life history phenomena. Quart. Rev. Biol. (29) : 103-137.

DAYTON, P. K. 1972. Toward an understanding of community resilience and the potential effects of enrichments to the benthos at Mc Murdo Sound. Antarctica. Proc. Coll. Conserv. Prob. Antarctica, Ed. B. C. Parker. Allen Press, : 81-95.

DAYTON, P. K., G. A. ROBILLIARD, and R. .T PAINE. 1970. Benthic faunal zonation as a result of anchor ice at McMurdo Sound. Antarctica. Antarctic Ecology. 1 : 244-258. Academic Press, London.

DEABORN, J. H., 1968. Benthic invertebrates. Australian Nat. Hist., December, 1968: 134-139.

ELTON, C. 1927. Animal Ecology. (4ª edición, 1971, Science Paperbacks 207, pp. Londres).

EVERSON, I. 1970. The population dynamics and Energy Budget of *Notothenia neglecta* Nybelin at Signy Island, South Orkney Islands. Br. Antarct. Survy. Bull. (23) : 25-50.

GALLARDO, V. A. 1966. Observaciones sobre la fauna bentónica del Golfo de Arauco. Bol. Soc. Biol. Concepción *40* : 145-155.

LITTLEPAGE, J. L. 1965. Oceanographic investigations in McMurdo Sound, Antarctica. Antarct. Res. Ser. Nas. *5*: 1-37.

HEDGPETH, J. W. 1971. Perspectives of Benthic Ecology in Antarctica. Research in the Antarctic A. A. A. S. : 93-136

HUREAU, J. C. 1970. Biologie comparée de quelques Poissons antarctiques (Nototheniidae). Bull. Inst. Océangr. Monaco, 68 (1391) : 1-244.

KNOX, G. A. 1970. Antarctic Marine Ecosystems. In Antarctic Ecology.

ed. M. W. Holdgate. *1*: 69-96. Acad. Press London.

Nybelin, O. 1947. Antarctic Fishes. Scient. Results of the Norwegian Antarct. Exp. 1927 — 1928 Nº 26.

Menge, B. A. y J. P. Sutherland. 1976. Species diversity gradients: Synthesis of the Roles of Predacion, competition, and Temporal Heterogeneity Amer. Nat. *110* (973): 351-369.

Moreno, C. A. y N. Bahamonde. 1975. Niches alimentarios y competencia por alimento entre *N. coriiceps neglecta* Nybelin y *N. rossii marmorata* Fisher en Shetland del Sur. Antártica. Ser. Cient. Inst. Ant. Chil. *3* (1): 45-62.

Moreno, C. A. y H. Osorio, 1977. Bathymetric food habit changes in the antarctic fish, *Notothenia gibberifrons* Lönnberg (Pisces: Nototheniidae). Hydrobiologia *49*. (in press).

Odum, E. P. 1969. The strategy of ecosystem development. Science 164: 262-270.

Olsen, S. A. 1954. South Georgian Cod. (*Notothenia rossii marmorata* Fisher). Norsk. Hualfangst Tid. 7: 373-382.

Pain, R. T. 1966. Food web complexity and species diversity Amer. Nat. *100*: 65-75.

1969. A note on trophic complexity and community stability. Amer. Natur. *103*: 91-93.

Sauders, H. L. 1969. Benthic Marine Diversity and the stability-time Hypothesis — Brookhaven Symposia in Biology *22*: 71-80.

Schlatter, R. P. y C. A. Moreno. 1977. Hábitos alimentarios del Cormorán antártico. *Phalacrocorax atriceps bransfieldensis* (Murphy). En Isla Green. Antártica. Ser. Cient. Inst. Ant. Chileno 3 (2): en prensa.

INTERNATIONAL SOUTHERN OCEAN STUDIES

Victor T. Neal
International Coordinator, International Southern Ocean Studies Program.

INTRODUCTION

Background

Interest in the Southern Ocean has continued to increase in the United States since the beginning of the multidisciplinary circumpolar oceanographic survey began in 1962. The survey continued using the research ship USNS ELTANIN until 1972. The ship now has a new name, ARA ISLAS ORCADAS, and is operated by the Argentine Navy. The circumpolar survey is being completed on board ISLAS ORCADAS under the terms of an agreement between Argentina and the U.S. (National Science Foundation).

The Southern Ocean has unique features that have aroused the interest of the scientific community. For example, it is the site of the only circumpolar current and it is the principal region where waters from the major ocean basins may be mixed and/or interchanged. It is also the formation region of Antarctic Bottom Water that penetrates far northward in the major ocean basins.

In 1972, when it appeared that the circumpolar survey of the physical oceanography of the region could be completed within a few years, planning for future studies was considered. The Office of Polar Programs of the U.S. National Science Foundation requested the Committee on Polar Research of the National Academy of Sciences to prepare a 10-year plan for work in physical oceanography in the Antarctic. An ad hoc group produced the report "Southern Ocean Dynamics: A Strategy for Scientific Exploration, 1973-1983". (This report is available from the Committee on Polar Research, 2101 Constitution Avenue, Washington, DC 20418, USA).

In 1973 a group of physical oceanographers, using this report as a base, prepared a proposal for a long-term research program in physical oceanography of the Southern Ocean. This program, International Southern Ocean Studies (ISOS), was officially approved in 1974 and is being funded by the Office for the International Decade of Ocean Exploration (IDOE), of the National Science Foundation. The program consists of field measurements, theoretical studies, and

coordination and liaison with related projects in the U.S. and abroad.

Scientists from several U.S. and foreign institutions participate in the studies. So far the following countries either have participated or plan to participate in the work: Argentina, Australia, Chile, Denmark, Federal Republic of Germany, France, New Zealand, Norway, South Africa, United Kingdom, USSR, and the USA.

Objectives

The program is designed to improve our understanding of the Antarctic Circumpolar Current (ACC) by: 1) identifying the statistical properties and space and time scales of variability selected regions; 2) developing and testing theories of dynamical balance, mixing and exchange with other oceans; 3) developing a basis for understanding the role of the large scale circulation and air-sea interaction in the Southern Ocean in global climate dynamic; 4) developing an understanding of polar frontal zone dynamics and their relationship to the ACC; and, 5) developing an understanding of the methods of water mass formation and mixing.

In order to attain these goals a sequence of monitoring and dynamic field experiments have been initiated. Long term monitoring of large scale features of the dynamics in Drake Passage were begun in the 1974-75 austral summer. Field studies of the polar frontal zone and of winter oceanographic conditions beneath the sea ice have also been initiated. In addition, analysis of previously existing data sets is being undertaken and laboratory and numerical studies are underway.

Field Programs

Two ISOS field measurement programs were carried out in 1974-75: 1) a pilot program for obtaining oceanographic data under the Antarctic sea ice during winter; and 2) FDRAKE.

Winter Under-Ice Pilot Program

This was a pilot program to develop the techniques necessary for long-term monitoring of physical oceanographic processes under the sea ice. High resolution vertical profiles of temperature, salinity (conductivity) and currents were planned in McMurdo Sound during the austral winter. The long range goal of this program was to study the processes responsible for the formation of Antarctic Bottom Water. Principal investigators were Dr. Henry Crew and Dr.

Victor T. Neal (School of Oceanography, Oregon State University, Corvallis, Oregon 97331).

The first field expedition was originally scheduled for 1975. Logistic support, however, became available for a trial study in September, 1974. In this study measurements were planned between McMurdo Station and Marble Point. Although McMurdo Sound experienced one of its heaviest ice years, a series of high winds in late August produced some ice break out. Therefore, measurements were made only near the ice shelf.

A team of four spent about four weeks on the ice. Hydrographic casts, continuous vertical temperature profiles (from the ice to bottom depths of about 500 m), and time series of temperature at fixed depths were obtained at three stations. In addition a vertical profiling current meter was used to obtain profiles as well as time series measurements at fixed depths.

This field expedition demonstrated the feasibility of obtaining useful high resolution measurements through the winter sea ice in the Antarctic. The next field program planned for August-September 1975 and subsequent field programs were cancelled because logistical support was not available.

FDRAKE 75

The first major ISOS field program, FDRAKE (First Dynamic Response and Kinematic Experiment), was carried out during January-March 1975 in the Drake Passage and western Scotia Sea. Three ships were involved in the program: R/V CONRAD and R/V MELVILLE of the USA, and ARA ISLAS ORCADAS of Argentina.

Chief scientist Dr. Kilho Park (School of Oceanography, Oregon State University, Corvallis, Oregon 97331, USA) and scientists from University of Washington, Texas A&M University, Instituto Antártico Argentino, Oregon State University, and Universidad Católica de Valparaíso (Chile) were at sea from 10 January to 3 March on board ARA ISLAS ORCADAS studying the physical and chemical properties of the region. Thermohaline and nutrient distributions were measured across Drake Passage and in the western Scotia Sea. A total of 85 STD (salinity-temperature-depth) profiles and 34 water sampling bottle stations were completed. Surface temperature and ocean depth were recorded continuously along the cruise track while XBT's (expendable bathythermographs) were used between stations. Water samples were processed aboard ship to obtain salinity, oxygen,

phosphate, silicate, and nitrate concentrations as well as temperature. About one-half of the profiles were measured to within a few meters of the bottom; the rest were measured to 1,200 meters.

Chief scientist Dr. A. L. Gordon (Lamont-Doherty Geological Observatory, Columbia University, Palisades, New York 10964, USA) and scientists from Instituto Antártico Argentino worked on board R/V CONRAD from 2 February to 12 March. A total of 59 STD stations were occupied. Water sampling bottles were used to obtain data on the distribution of oxygen, silicate, phosphate, carbon dioxide, tritium, copper, and iron. XBT's were used between station. The data were obtained to delineate the thermohaline structure of the Polar Frontal Zone and the Antarctic Circumpolar Current. CONRAD and ISLAS ORCADAS rendezvoused near 57°S, 55°W, where STD and XBT stations were taken every 16 km along north-south sections in order to study the three dimensional thermal structure of the polar front.

CONRAD was also used to take stations at the boundary (commonly referred to as the Weddell-Scotia Confluence) between Pacific-derived water and water from the western Weddell Sea.

Work on board R/V MELVILLE was under the direction of Dr. W. D. Nowlin, Jr. (Department of Oceanography, Texas A&M University, College Station, Texas 77843, USA) with participating scientists from Oregon State University, Scripps Institution of Oceanography, Instituto Hidrográfico de la Armada de Chile, and Servicio Hidrográfico Naval de Argentina. MELVILLE worked in the Drake Passage and western Scotia Sea region from 19 February to 31 March. Five crossings of Drake Passage were made.

Fifteen current meter moorings and four internally-recording tide gauges were deployed in Drake Passage. The instrument configuration consisted of 43 Current meters (27 of which contained temperature recorders). Seven of the current meter moorings and two tide gauges were retrieved between three and four weeks after deployment. The remaining eight current meter moorings and two pressure gauges were left in place to obtain year-long records. All of the 24 short-term current meters were recovered; 21 gave good records for the full time, 1 yielded a 6-day record, 1 yielded a 70-hour record, and 1 failed completely. Of the 16 short-term temperature recorders, 14 produced good records, but only 1 (near Cape Horn) of the 2 short-term tide gauges produced a good record.

Ninety hydrographic stations were obtained from MELVILLE, 63 of which included both STD and standard sampling bottle casts. In addition to temperature and salinity data, samples for oxygen, silicate,

phosphate, nitrite, and nitrate analysis were taken at discrete depths to near the bottom.

The hydrographic work done on MELVILLE in Drake Passage was designed to determine the density structure and distribution of chemical properties in the vicinity of the current meter array. One hydrographic section was made in Bransfield Strait and one north-south crossing was made through the western Scotia Sea. This last crossing included 20 closely-spaced (4 to 5 km) stations across the Polar Frontal Zone.

FDRAKE 76

In 1976 two ships were used in FDRAKE: A.G.S. YELCHO, operated by the Chilean Navy; and, R/V THOMAS G. THOMPSON, operated by the University of Washington. Punta Arenas, Chile, was the operating base for both ships during FDRAKE 76.

The first two legs of the THOMPSON cruise were designed to obtain spatial and temporal data on the mesoscale and large-scale variability of the Antarctic Circumpolar Current in Drake Passage. Leg I was devoted primarily to the recovery of shallow pressure recorders and recording current-termperature meters which had been moored during FDRAKE 75 and to the installation of another long-term array of recording instruments.

Efforts to retrieve the shallow pressure recorders installed in 1975 were partially successful. The recorder moored off Cape Horn was not retrieved. All but 1 of the 19 current-temperature recorders were retrieved.

A new array of 11 current-temperature-pressure recorders was moored at seven locations. Five deep pressure sensors on three recorders were also moored at three locations. Shallow pressure recorders were again moored on the shelves near Cape Horn and Livingstone Island. Pressure recorders were installed to provide information on the long-term variation in the barotropic component of mass transport through the region.

During Legs I and II, hydrographic/STD stations and STD stations were taken in the Passage and along the east-west trench at the southern end of the Passage.

Studies of the water mass distributions and chemical balances in the area were enhanced by the chemical data obtained on Leg I and Leg II. A computer compatible Auto Analyzer II was used on board to determine concentrations of phosphate, nitrate, silicate, and nitrite.

Four experimental NDBC (National Data Buoy Center) satellite-

tracked surface drifters were launched from THOMPSON. All were functioning and being received by satellite prior to launching. However, none of them produced data for more than 14 days after launch.

R/V THOMPSON and the Soviet research vessel PROFESSOR VIESE made a rendezvous near Livingston Island. VIESE was making current measurements and hydrographic/STD observations to the west of THOMPSON activities. At rendezvous salinity, oxygen and nutrient standards were exchanged and simultaneous hydrographic and STD measurements were made for intercalibration.

The third leg of the THOMPSON cruise was devoted to a detailed study of the dynamics of the Polar Front under the direction of Dr. Terrence Joyce, Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, Massachusetts 02543. Vertical velocities in the frontal zone were measured with a guided "free fall" profiling current meter. Two current meters and eleven bead thermistor chains, which had been moored during Leg I as the upper portion of one of the long-term moorings were recovered as planned.

Continuous high resolution profiles of dissolved oxygen were made at over 100 stations. XBT's were used for mapping the thermal structure and interleaving along the front. Light scattering as a function of scattering angle was measured at discrete depths and at a fixed angle in continous profiles from the surface to 1000 m. Light transmission was also measured at 11 stations. (Light measurements were carried out by Dr. Kullenberg, University of Copenhagen). As on Legs I and II, water samples were analyzed for nutrient concentrations. Samples were also obtained for hydrogen and oxygen isotope analysis. This work was closely supported by work on YELCHO, under the direction of Mr. Hellmuth Sievers, Instituto Hidrográfico de la Armada de Chile and Mr. Steve Patterson, Texas A&M University.

YELCHO cruises were designed to delineate and measure the large-scale thermal structure of the Polar Frontal Zone in Drake Passage. 571 XBT's were used for this work, and the data were provided immediately to scientists on R/V THOMPSON (Leg III) studying the small-scale structure of the frontal zone. Excellent communication between ships and to U. S. shore stations was made possible through use of the Applied Technology Satellite 3 with permission and assistance from the U. S. National Aeronautics and Space Administration (NASA).

The work of YELCHO was concentrated in the area 58°W to 62°W and 56°S to 59°S. The XBT measurements were made mostly along

and to the east of a line about 28 km northwest of the current meter moorings.

A sharp deflection of the Polar Front to the southeast was observed at about 57° 50'S, 62° 30'W during the first 10 days of Leg 1. When observed 15 days later (on Leg II), the meander had increased in size. THOMPSON reported a cyclonic ring had been shed to the north of the front. The first survey of the ring by YELCHO showed its radii (center at about 57° 26'S, 63° 38'W as determined by the cold water core, i. e. 0°C) ranged from about 24 to 41 km. The feature extended to a depth of 750 m. A later survey showed that the ring had enlarged and its shape had changed (with radii ranging from about 28 to 71 km) and that the "center" had moved north north-east at about 10 cm/sec.

FDRAKE 75

In January and February 1977 the third phase of the field work in the First Dynamics Response and Kinematics Experiment (FDRAKE) was carried out in the Drake Passage on board the R/V MELVILLE. A U. S. scientific team, led by Dr. Worth D. Nowlin, Jr. (Texas A&M University) and Dr. R. Dale Pillsbury (Oregon State University), and scientists from Instituto Hidrográfico de la Armada de Chile and Instituto Antártico Argentino participated in the work. MELVILLE sailed from Valparaíso, Chile, on 10 January.

Six of the seven moorings deployed during FDRAKE 76 were recovered. Attempts to recover the mooring near 58°S were unsuccessful. The tide gauges at each side of the passage, as well as deep pressure gauges which were deployed in the passage the previous year, were also recovered. Of the nine current meters recovered, only two provided less than 10 months of data. The tide gauges and deep pressure gauges operated for the entire year.

Most of the current meters that were recovered were refurbished in the field for re-deployment; data tapes were translated and analyzed on board to check the performance of the meters. Twenty-two current meters were deployed on five moorings in a "cluster" array in the central part of the passage. This array is designed to measure the variability of currents and temperatures on space scales of 10 to 40 km during a period of approximately one year. Tide gauges were also installed on each side of the passage. In addition to launching a total of 109 XBT's during the cruise, hydrographic/STD stations were occupied before and after deployment of the new array. The density

field determined from the data provided a base to be used in interpreting the temperature and velocity data obtained from the moorings.

Argentine Winter Cruise

During the 76 austral winter, scientists from the Argentine Antarctic Institute directed a physical oceanography cruise aboard the ARA ISLAS ORCADAS in the Drake Passage. Ice cover extending northward to approximately 60°S precluded the possibility of a full hydrographic section across the passage. Therefore, a north-south section of deep hydrographic/STD observations was made extending across the ice-free zone. In addition, 1500 m stations were made in a zig-zag pattern to define the transition between the Polar Frontal Zone and the Antarctic Surface Waters. Within the Polar Frontal Zone, at one station, STD's were taken hourly for 24 hours. Surface and meteorological observations were taken at each station.

XBT Program

During the 1976-77 austral summer it was planned to take 29 north-south and one east-west XBT (expendable bathythermograph) sections at 18 n. mile intervals from supply vessels. Results have been obtained from the east-west section and at least 21 of the north-south sections. Ships involved were supplying land stations for Australia, Chile, and the U. S. All but one of the vessels obtained surface salinity and wind at each XBT cast. The data obtained will be digitized and used to describe the 1976-77 summer spatial variability of temperatures in the Southern Ocean. The principal investigator for the project is Dr. William Emery (Texas A&M University). Mr. Hellmuth Sievers (Instituto Hidrográfico de la Armada, Chile), Mr. Robert Edwards (CSIRO, Australia) and Mr. Stan Jacobs (Lamont-Doherty Geological Observatory, USA) cooperated in the project.

1977 ZUBOV Cruise

The USSR research vessel PROFESSOR ZUBOV sailed on 20 January 1977 from Wellington, New Zealand, on a 25-day USSR-USA cooperative cruise in the Southern Ocean south of Australia. Originally the cruise was planned to deploy three short-term (six to eight weeks) current meter moorings and to take 30 hydrographic stations along 132°E.

Due to prolonged severe sea conditions much of the cruise was spent taking XBT casts under the direction of Dr. William Emery (Texas A&M University). XBT sections indicated the presence of an eddy at about 51°S. The current meters were moored in this area. Six hydrographic stations were completed between 55°S and Antarctica. Additional hydrographic casts were planned for the second leg of the cruise.

During the cruise two chemical oceanographers from Oregon State University (Mr. Stephen Hager and Mr. Sandy Moore) made an intercomparison of Soviet and U. S analytical techniques as part of the hydrographic work.

Iceberg Drift

Dr. Paul Tchernia (Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris) has been determining the general east to west drift of large tabular icebergs along the coast of Antarctica since 1972. Transponders are placed on the icebergs so drift tracks can be determined by satellite. Thus far, icebergs have been tracked for various periods, the longest being 414 days. The greatest travel distance of any observed thus far is 2600 n. miles.

The results of the experiments indicate that the westward drift turns to the north near 90°E. All icebergs that have been successfully tracked in this region turned northward between 80°E and 100°E and then apparently were caught in the eastward flow of the circumpolar current. This U-turn for tracked icebergs has been confined to between 62°S and 64°S.

SIGNIFICANT RESULTS

Analysis of data from the various field programs has yielded several significant results that may be of interest to other groups. They are described below.

The region contains several water masses which are separated by sharp boundaries. In the Drake Passage three distinct bands of relatively high speed flow are separated by regions of low speed flow (relatively still water). The bands of flow exist between: 1) Subantarctic Surface Water and the northern extent of the transition Polar Frontal Zone; 2) the southern boundary of the Polar Frontal Zone and the Antarctic Surface Water; and, 3) the Antarctic Surface Water and the Bransfield Strait Water. These streams change in spatial con-

figuration; lateral movements up to 100 km in two to three weeks have been observed. The central core showing the greatest meridional movement. The flows extend below the lower depths of the different water masses and are vertically coherent to the bottom except in regions where large topographic features exist. These bottom features disrupt the vertical coherence to as much as several hundred meters above.

Meridional heat exchange across the Antarctic Circumpolar Current system must be large in order to provide the exchanges necessary to modify the surface waters to form Antarctic Intermediate Water and Antarctic Bottom Water. ISOS observations have revealed that meanders in the current cores can develop into closed rings. Ring formation represents a mechanism for the exchange of heat, salt and momentum across the cores within the ACC system.

In the Drake Passage region, energy penetrates deeply into the ocean at frequencies which also show large energy levels in the surface wind. In mid-passage these low frequency (less than diurnal) motions seem to be vertically coherent throughout the water column.

The Polar Frontal Zone (the transition zone between the Subantarctic Surface Water and the Antarctic Surface Water) displays lateral interleaving of waters. The "leaves" are on the order of 10 m thick. The transition zone in the passage region has a north to south extent of 200 to 300 km (based on austral summer data). The northern limit of the zone extends over many tens of kilometers while the southern limit is only 5 to 10 km in extent.

Within the ACC, year long current records separated by 100 — 200 km or more show no significant correlations when the full records are observed at most locations during the austral winter. Analysis of one to three month periods during the austral winter shows significant correlations in motions observed at separations of 100 km or more, especially near the central core of the ACC.

Transport through the passage, calculated by referencing geostrophic transports to 12 current meter measurements of three weeks, yield an average transport of 124 x 10^6 m^3/sec to the east. Based on year long current records it is estimated that the transport may vary about 60 x 10^6 m^3/sec from a mean of about 125 x 10^6 m^3/sec.

Hydrographic measurements in Bransfield Strait reflect the three distinct basins in the strait. Apparently bottom water in these basins is renewed locally about every 10 years. These basin waters do not significantly effect waters outside the strait below sill depth (about 1100 m) of the basins.

OTHER ACTIVITIES

Theoretical and Laboratory Modelling

Modelling studies are aimed at local dynamic problems and large scale dynamics of the ACC system. The goal is to establish the basic dynamics of flow fields in order to determine the interrelationship of the fluxes and transports in this region and how they interact with the rest of the world ocean. This understanding will help to establish the role of the Southern Oceans in long-term large-scale variability.

Southern Ocean Atlas

This atlas is being prepared by Dr. Arnold Gordon, (Lamont-Doherty Geological Observatory). Selected data are being arranged into a comprehensive atlas in book format and in uniform computer-compatible format. Selected data collected on ELTANIN have been put on magnetic tapes which are available for loan.

ISOS International Newsletter

Brief reports of field activities and program plans are published in the newsletter. It is normally issued twice yearly.

FUTURE FIELD PLANS

Drake Passage Studies

In 1978 a mimum array of current meters in the center of the passage and pressure gauges on both sides will be deployed. These year long moorings should extend our time series of current and pressure data from the region to provide further information on long term variations in transport.

For 1979 a closely spaced array of current meters and bottom pressure gauges is being planned. This year-long array is being designed to estimate a yearly-mean transport through the passage and to intercompare pressure, current, and density measurements.

Macquarie Ridge

A short-period array of current meters and pressure gauges is planned in 1978 downstream of Macquarie Ridge/Campbell Plateau. Data obtained from the 1978 moorings will be used to determine the important time and space variations in the area. A more comprehensive field program to estimate meridional gradients and momentum fluxes

and the interaction between the currents and bottom topography is planned for 1980 and 1981.

Lagrangian Arrays

Use of drifting buoys is planned to: provide a description of the large horizontal space and time scale variability; determine the time scales of the acceleration of the ACC and their relationship to atmospheric forcing; assess the momentum exchange with the rest of the world ocean; and, monitor winter surface circulation. A pilot program is proposed for 1978. In this program drifters would be deployed in the ACC below Australia-New Zealand. The major deployment is proposed to coincide with FGGE (First GARP Global Experiment).

Sea Level Monitoring

A plan is being proposed to monitor large-scale, long-term variability in the circumpolar flow by using sea level data. This work would extend from the monitoring begun in Drake Passage (FDRAKE 75) at least through the FGGE (First GARP Global Experiment). Three new monitoring sites, using shallow pressure gauges, are proposed: Gough Island to Bouvet Island; Kerguelan Island to Amsterdam Island; and, Tasmania to Macquarie to Scott Island. Expansion of the program to include stations on other islands is being considered.

Upper Layer

The upper-layer temperature structure program using XBT's from supply vessels coupled with satellite data is expected to expand to 16 sections across the ACC between December 1977 and March 1978. Data obtained (XBT, surface temperature, and surface salinity, meteorological) will provide a measure of the heat content at different longitudes and provide new information on large-scale air-sea exchange in the Southern Ocean. This work should be useful in defining the role of the Southern Ocean in climate dynamics.

Additional Information

The highlights of future plans mentioned here have been described very briefly. All plans being contemplated have not been included. More complete information on long-range plans is given in "ISOS Program Summary and Long-Range Plans" published 4 January 1977. Copies are available through the ISOS management Office, Texas A&M University, College Station Texas 77843 USA.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTUDOS ANTARTICOS: SCIENTIFIC ACTIVITIES ON ANTARCTIC

Aristides Pinto-Coelho
Director of Science and Technology
Instituto Brasileño de Estudos Antárticos

Our first impressions on possible large Antarctic influences on Brazil's environment came with the earliest studies on artificial radioactive contamination (Sr-90) on Brazilian biological materials (1958) ([1, 2]):

At that time, researches all over the world showed that the non uniform global atmospheric circulation of A bombs debris and its gradual precipitation (fall out) is depending of local factors (hemisphere, latitude, water precipitation, etc.) and of the bomb's potency (fission, fusion). A curve presented by Alexander, Libby and others ([3]) emphasized those facts and called attention for the near polar tropospheric injections (from stratosphere) of the fall out products.

Such were the explanations found for the low Brazilian soil contamination and, consequently, the low incorporation of Sr-90 by Brazilian biological materials ([4]).

Later studies on global environmental pollution has shown how Brazil is well protected by natural barriers against international pollution. The principal factors related to the Brazilian geographical protection are ([5]):

1. More than 90% of the Brazilian territory is situated on the less populous and the less contaminated hemisphere.

2. Several natural barriers protect the country against international pollution: the Atlantic Ocean (East, Northeas, Southeast), the mountains Parima-Guiano and the Amazon forest (North), and the Andean Cordillera West).

3. The country's principal population concentrations are scattered along or near the coast (the sharpness of this phenomenon is decreasing with the general growth of Brasília and its surroundings).

4. The pollution problems in the country, though increasing in some areas, are of local origins and do not affect seriously its population.

In regard to international pollution Brazil has its weak spot Achilles heel — Antarctica. Free pollutants, or associations or derivatives of pollutants, expelled to the northern hemisphere's atmosphere, such as carbon monoxide ([6]), sulfurous oxide, ozone, spray additives and

even sea carried pollutants, may be spread to Brazil, and South America in general, after its injection to Antarctic troposphere from stratospheric layers. Besides, a future antarctic exploitation (oil extraction, for instance), as has been suggested in several countries, may create new direct environmental probiems to Brazil and to the rest of South America and Africa as well.

On studying the Antarctic environmental factors that conditioned the adaptation of living beings, we must emphasize the action of light. Sunlight is, probably, the most important factor on the Antarctic biorhythms. Activities as predation, sleep, migration, etc. are directly dependent on light intensity, as has been demonstrated before (7). A conjugation of several special factors as low temperature, light of short wavelenght, abundance of ice, long periods of darkness and light, atmosphere dryness, provides ecological niches with very narrow condition for life development.

On studying the algae phycobillins we could find an example of the algae adaptation to the antarctic environment. Antarctic red algae (*Delisea pulchra* and others) (8, 9), synthesize phycobillins with peaks of light absorption in shorter wavelenghts when compared to similar algae from tropical or temperate latitudes, as shown in the table 1 and figure 1.

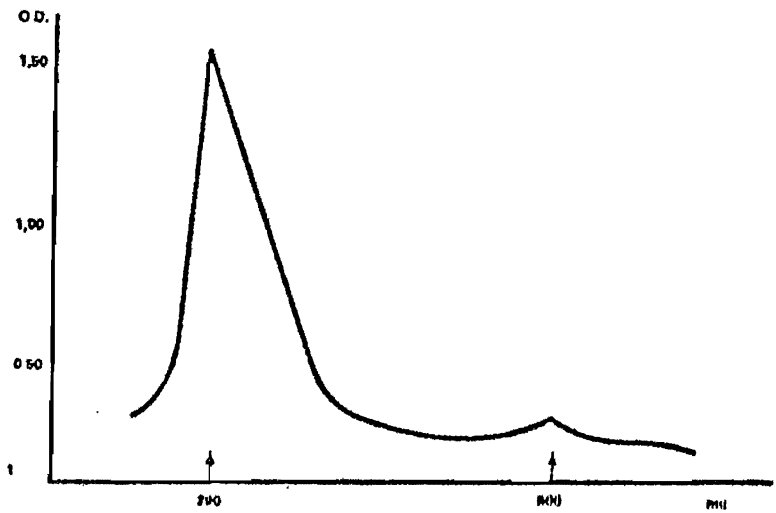


Fig. 1

Fig. 1. Algae analysis phycobillins of *Pantoneura plocamioides* Optical density to plotted against absorption wavelength.

During our efforts to show the importance of Antarctic studies for our country we have been trying to interpret some other natural factores related with Antarctic environment.

MAXIMUM ABSORPTION OF NON-ANTARCTIC ALGAE PHYCOBILLINS COMPARED TO MAXIMUM ABSORPTION OF ANTARCTIC ALGAR PHYCOBILLINS

Algae	*Chromoprotein*	*Maximum absorption* ($m\mu$)
Rhodymena perforata	R-phycoerithrin	497,537,564
Porphyra perforata	R-phycoerithrin	497, 562
Phormidium persicinum	C-phycoerithrin	560
Porphyra perforata	R-phycocianin	555,617
Lyngbya lerhemii	C-phycocianin	620
Porphyridium cruentum	Allophycocianin	650
Antarctic algae		
Pantoneura plocamioides	R-phycocrithrin	290,500
(?) *rhrodophycea*	R-phycocrithrin	325
Delisea pulchra	R-phycocrithrin	300

The Earth magnetosphere is a real barrier against penetration of high energy particles from either solar winds and cosmic rays into the Earth equator, but favors this penetration through the Earth poles. This magnetospheric shape has conditioned the magnetic polar storms and the magnetic chanelling of high energy particles from the outspace to the Earth biosphere ([10]). The mechanisms and the results of these influences are not well understood yet, though its influence on sharp climatic alterations has been suggested ([11]).

Our preliminary conclusions on this field were based on:

1. Periodical informations on Antarctic ice distribution and Antarctic atmospheric conditions kindly sent to IBEA by the National Science Foundation (USA) and Dry Valley Drilling Project Authorities ([12], [13]).

2. Some data collected during our participation in an Antarctic expedition under NSF in 1974.

3. Informations on Antarctic cold currents gathered along Brazilian southern coast (Sao Paulo and Rio de Janeiro).

4. Correlations of solar bursts incidence and Earth climatic changes, during the quiet sun period (1975-76).

These data made possible a previsión, with three months in advance, ([14]), for the extremely rigorous 1975 winter in Brazil and all South America, with serious harm to agriculture (coffee) and other economic activities ([15]).

Based on the IBEA's Program of Science and Technology ([16]), Brazilian Scientists have proposed specific projects for Antarctic studies. Some of those projects and the names of the respective responsible researchers are as follow:

1. Isotopic studies of Antarctic oxygen water ($^{18}O/^{16}O$), —E. Sallati, CENA (Centro de Energía Nuclear na Agricultura, Piracicaba, Sao Paulo ([17]).

2. Meteorologic Studies Under Antarctic Influence, R. Villela, Sao Paulo.

3. Isotopic Relations on Antarctic Soils, J. B. Martins, CBPF (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas), Rio de Janeiro ([18]).

4. Chemical and Bacteriological Analysis of Antarctic Ice, R. Aubert and V. Haertel, UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande lo Sul, Porto Alegre.

These are some of the Antarctic hints we in Brazil are interested in, and we believe that we may achieve better results to all of us through international cooperation.

BIBLIOGRAPHY

1. PENNA Franca, E. Analysis of Radioactive Contaminants in Biological Materials, *Ann and Inter-Am. Symp. Peac. Uses Nucl. En.*, 65-75, Buenos Aires, 1959.
2. PINTO Coelho, A. Contaminantes Radioativos em Materiais Biológicos, Inst. Biofis. Esc. Med. Cirug. Rio de Janeiro, RJ, 1960, 32 p. il.
3. MACHTA, L. and LIST, R. J. Meteorological Interpretation of Sr-90 Fallout, in: *HASL-42* (USAEC): Environmental Contamination From Weapon Tests, 327-338, 1958.
4. PINTO Coelho, A. Aspectos do Ciclo Biológico do Sr-90, Thesis, Univ. RJ, Rio de Janeiro, 1960, 44 p. il.
5. PINTO Coelho, A. Contribuições da Bioquímica á Ecologia, in: Ecologia e Poluição: Problemas do Século XX, MEC-CE, 3-41, Rio de Janeiro, 1972.
6. NEWELL, R. E. The Global Circulation of Atmospheric Pollutants, *Scient. Am.*, 224 (1) : 32-47, 1971.
7. LLANO, G. A. —A Survey of Antarctic Biology: Life Below Freezing, *Bull. At. Sci.*, XXVI (10) : 67-74, 1970.
8. PINTO Coelho, A. Biological and Geological Sampling in the Antarctic Peninsula Area, *Antarctic J. United States*, IX (4): 109-110, 1974
9. PINTO Coelho, A. —Phycobillins in

Antarctic Algae, *Ciencia e Cultura,* 26 (7): 356-7, 1974.

10. FAIRBRIDGE, R. and HODES, W. (ed.) —The Encyclopedia of Atmospheric Sciences and Astrogeology, N. York, Reinhold, 1967.
11. RUBIN, M. J. —The Antarctic and The Weather, *Scient. Am. 207* (3): 84-94, 1962.
12. NSF Informations (1972-1975).
13. MC GINNIS, L. D. (Coord.). DVDP Newsletter, Sept. 9, 1974.
14. PINTO Coelho, A. —A Antártida, Escola de Comando e Estado Maior do Exército, Paper presented in a Conference 4/6/75.
15. PINTO Coelho, A. —Antarctic Influence on Brazil's Environment, *Ciencia e Cultura, 29* (1): 33-55, 1977.
16. PINTO Coelho, A. —Programa de Ciencia e Tecnologia do Instituto Brasileiro de Estudos Antarticos, *Mar, 84,* (221): 3-10, 1973; rep. in: *Rev. Adismar,* V (10): 25-9, 1973.
17. SALLATI, E. Variaçoes de ^{18}O e ^{2}H e Suas Aplicações em Estudos de Glaciologia, II Ciclo Brasileiro de Estudos Antarticos, IBEA, Rio, 1973.
18. MARTINS, J. B. —Determinação de Relações Isotópicas em Amostras Contendo Pequena Quantidade de Uranio, II Ciclo Brasileiro de Estudos Antarticos, IBEA, Rio, 1973.

INSTITUTO BRASILEÑO DE ESTUDIOS ANTARTICOS: OBJETIVOS Y POLITICAS

Joao Aristides Wiltgen
Presidente del Instituto Brasileño de Estudios Antárticos

Con la finalidad de conmemorar en alto nivel los ciento cincuenta años de la Independencia del Brasil, un destacado grupo de ingenieros, de miembros de la Asociación de Diplomados de la Escuela Superior de Guerra, de hombres de ciencia e intelectuales brasileños, tuvo a bien crear, el 7 de septiembre de 1972, el Instituto Brasileño de Estudios Antárticos (IBEA), Sociedad civil, apolítica, con fines exclusivamente científico-culturales, de ámbito nacional y sin objetivo alguno de lucro.

El Instituto Brasileño de Estudios Antárticos (IBEA), al constituirse, tuvo, como primer cuidado, establecer contacto con numerosos hombres de ciencia brasileños, actuantes en las universidades y entidades científicas del país, para conocer el interés y la importancia científica de los estudios, trabajos e investigaciones establecidos en sus programas de actividades antárticas. Como resultado de esas gestiones, el Instituto Brasileño de Estudios Antárticos, encontró la más grande receptividad junto a los sectores más representativos de la vida nacional, que se dispusieron a colaborar con él. Tal acogida vino a demostrar el sólido e irrefutable interés brasileño por el progreso y el desarrollo científico en la presente década, en general, y por los asuntos antárticos, en particular.

Para atender las finalidades inmediatamente establecidas, fueron inicialmente demarcadas las metas principales de desarrollo científico y tecnológico para la realización de investigaciones en el territorio antártico, con el objetivo de medir, y de traducir en números, la previsión y el control de las influencias antárticas sobre el clima y la variaciones estacionales de temperatura y humedad, con posibilidades de mejor solución para los problemas de frío y heladas, de los índices pluviométricos de las corrientes frías y el mejor conocimiento del medio ambiente, en beneficio de la industria agropecuaria, y de todo aquello que, bajo cualquiera forma, pueda sufrir la influencia de agentes meteorológicos en general.

En el delineamiento de tales objetivos, el Instituto Brasileño de Estudios Antárticos (IBEA), tuvo presente que los estudios de las aguas antárticas, por su importancia, suponen investigaciones sobre

los hábitos migratorios de los seres marinos, entre ellos, la elevada capacidad de reproducción del "krill" que, en su cadena alimentaria, presenta manifiesta influencia en la flora y fauna marinas, a lo largo de la costa oceánica brasileña. En ese mismo contexto, que, además, considerada la posible introducción de contaminantes en las corrientes estratosféricas de la región antártica, hecho que merece la especial atención de los hombres de ciencia de todo el mundo, en particular los de aquellos países, como el Brasil, que se encuentran más expuestos a las influencias antárticas.

De ese modo, con la preocupación básica por las investigaciones científicas, el IBEA organizó su primer Programa de Ciencia y Tecnología, que engloba, entre otros, los siguientes puntos fundamentales:

Estudios de corrientes marinas que puedan afectar, directa o indirectamente, las costas brasileñas;

Estudios de corrientes marinas en los mares antárticos, teniendo en vista la navegación marítima;

Estudios de las corrientes aéreas que presentan interés científico para la navegación aérea;

Estudios de la flora y fauna antártica que puedan afectar la fauna marina de las costas brasileñas;

Estudios de los cardúmenes de peces nobles de mayor incidencia en la región antártica;

Estudios más precisos para la previsión meteorológica en el Brasil, y de factores que puedan provocar alteraciones bruscas en las condiciones meteorológicas en el continente sudamericano;

Estudios del metabolismo lipoideo en seres de las regiones frías;

Estudios de factores de la ionosfera que puedan afectar las radiotelecomunicaciones;

Cooperación científica con los hombres de ciencia de todo el mundo, importantes para la colectividad mundial.

El Instituto Brasileño de Estudios Antárticos, para el cumplimiento de los objetivos que se propuso, viene realizando, en los últimos cuatro años, varias series de discusiones científicas, conferencias, simposios y estudios, contribuyendo para la preparación de sus técnicos y proporcionando mayores esclarecimientos a todos los interesados en las investigaciones científicas de interés antártico. En ese sentido, realizó una serie de conferencias en el Instituto de Ingeniería de Sao Paulo, con la participación de numerosos intelectuales y con la presencia de miembros de la Asociación de Diplomados de la Escuela Superior de Guerra. En Río de Janeiro, en

convenio con la Asociación de los Diplomados de la Escuela Superior de Guerra, realizó un ciclo de estudios de cuatro semanas. En las Facultades Metropolitanas Unidas de Sao Paulo, los cursos del IBEA congregaron más de 800 alumnos, habiendo su actuación despertado idéntico interés en la Universidad Federal de Guanabara, en especial el de los alumnos inscritos en los cursos de Derecho Internacional Público, y en Brasilia. En todas sus promociones, el Instituto Brasileño de Estudios Antárticos (IBEA) persigue, como único objetivo, el interés por el conocimiento y divulgación de los resultados de los trabajos científicos relativos a la Antártica.

En lo que se refiere a los contactos en el área científica internacional, el Instituto Brasileño de Estudios Antárticos (IBEA), tuvo oportunidad de presentar su Programa, con todos los detalles, a la "National Science Foundation", en reunión realizada en 1973, en el Shenandoha National Park, Estado de Virginia, Estados Unidos de América. En esa ocasión, se comprobó una perfecta identidad entre los programas científicos del IBEA y los de las instituciones norteamericanas consagradas a los asuntos antárticos. En ese mismo contexto, es de notarse que el Director de Ciencia y Tecnología del IBEA participó de los trabajos científicos realizados en la Antártica, por invitación de la "National Science Foundation - Office of Polar Programs", habiendo el mencionado representante brasileño realizado estudios de Biología Marina en la Isla Decepción y en la región de la Península de Palmer, en compañía de un grupo de hombres de ciencia de la Universidad de California.

El Instituto Brasileño de Estudios Antárticos, con su conocimiento de programas de otros países de interés antártico, comprobó la misma identidad en las investigaciones científicas generalizadas.

Complementando ese cuadro, cabría señalar que todos los contactos con hombres de ciencia de otros países, realizados en clima de gran cordialidad, reafirmaron al IBEA el vivo interés por la cooperación científica internacional que constituye, de hecho, su objetivo primordial.

PARTE SEPTIMA

La cooperación científica internacional para el desarrollo antártico

THE WORK OF SCAR FOR CONSERVATION OF NATURE IN THE ANTARCTIC

Tore Gjelsvik
Director, Norwegian Polar Institute

ABSTRACT

As early as in its second year of existence, SCAR set up a working group to propose measures for the conservation of Antarctic fauna and flora. In the succeeding years, a number of other steps have been taken to avoid contamination and disturbance of the ecosystem. Upon the advice of SCAR, the parties to the Antarctic Treaty adopted the following measures:

Agreed measures for the protection of the Antarctic fauna and flora, including protection of birds and animals in the land areas in the Antarctic, and prohibition of import of alien species. Designation of Specially Protected Areas, Specially Protected Species, and Sites of Special Scientific Interest.

Rules of conduct at scientific stations and expeditions.

The Antarctic Seal Convention, which regulates future commercial sealing.

Code for use of radio-isotopes in research.

Refutation of proposal for disposal of Nuclear waste in the Antarctic ice sheet.

In the later years, SCAR has given advice to the Consultative Meetings under the Antarctic Treaty on questions related to the possible exploitation of Antarctic resources. It is an important task, which is expected to last for many years, and which calls upon all the skills and good will of the members of the organization.

One of the first matters to get attention by SCAR, after it had been set up in 1958 under the able chairmanship of George Laclavère, was the question of conservation of Antarctic fauna and flora. To the originally strictly geophysical programme were added geology and biology. At the SCAR Antarctic symposium in 1959, which took place in Buenos Aires, an Australian biologist, Dr. Robert Carrick, read a paper calling attention to the need for conservation of nature in the Antarctic.

At the closing plenary session, the symposium participants included the following in their resolutions: "The delegates to this Symposium

are convinced that the time has come to take positive steps towards the protection and preservation of Antarctic wild life", and "it is our firm conviction that the several nations supporting Antarctic stations should take joint steps to ensure the preservation of the Antarctic flora and fauna and its protection from needless persecution and destruction; and further, that the proper agency to co-ordinate such steps is the Special Committee on Antarctic Research (SCAR)".

The 1960 SCAR general meeting in Cambridge established a Working Group on Biology, which produced a report on the conservation question and recommended that the report be reviewed by the National Antarctic Committees and the executive of SCAR before the end of 1960, to finally be submitted by National Committees to appropriate government representatives in time for consideration at a Treaty consultative meeting in the summer of 1961. Perhaps it may be useful at this stage to underline that there is no direct line of communication between SCAR and the Treaty system, the link is from SCAR through its national committees, and from them to their respective governments. In the other direction, the communication from Consultative meetings have to go through governments, which eventually will pass on to the national committees any request or invitation to SCAR. This may seem to be a bureaucratic and slow system, but it works rather well provided the SCAR and Treaty meetings are adequately spaced in relation to each other.

SCAR acted according to the advice of the Working Group of Biology, and urged that the parties to the Treaty should draft applicable regulations. At the first consultative meeting in 1961, the proposal of SCAR was discussed and it was recommended that as an interim measure rules of conduct should be issued in accordance with principles suggested by the working group. After having sought more advice from SCAR, the nations at the III Consultative Meeting of the Antarctic Treaty, in Brussels 1964, adopted the Agreed Measures for the Conservation of Antarctic Fauna and Flora.

The Agreed Measures applied to the land area south of 60°S Latitude, including ice shelves. The main features of the Measures were:

Conservation of native fauna, by prohibiting all killing and other specified activities, except in accordance with a permit. Permits shall only be issued for compelling scientific purposes or to provide indispensable food for dogs or men in the Treaty area.

Minimizing harmful interference, such as disturbance of seal and

bird concentrations by flying or landing aircraft or driving vehicles too close (within 200 m),
use of explosives or discharge of firearms close to seal or bird concentrations (within 300 m), disturbance of bird and seal colonies during breeding periods,
allevation of pollution of the waters adjacent to the coast and ice shelves.

Designation of Specially Protected Areas (SPA), where, in addition to the measures listed above, the following rules apply:

Prohibition of collection of any native plant, excepting accordance with a permit for very restricted scientific reasons, and prohibition of the driving of any vehicle.

Prohibition of introduction of non-indigenous species, except in accordance with a permit, and precautions against introduction of parasites and diseases.

It can safely be stated, that the Agreed Measures represented a milestone in the conservation efforts in Antarctica. The speed with which these comprehensive measures were agreed to, was due to the unique cooperation between a scientific organisation, SCAR, and a multinational political system, the Antarctic Treaty. Although these measures are not yet legally in force, they are adopted as interim guidelines and have been working very well. In 1965, SCAR considered guidelines for the selection of Specially Protected Areas, and later suggested a number of areas to be designated as such. At the following consultative meeting, in Santiago, Chile, 1966, the parties recommended the designation of 15 Specially Protected Areas. At a later meeting, in 1972, a new category of specially protected areas called Sites of Specific Scientific Interest (SSSI) was instituted and six areas designated as such. At the request of Treaty governments, SCAR, in 1974, formulated criteria for selection of these, and strongly advocated management plans for each of them. By later revision and additions, and in consultation with SCAR, 13 areas are now designated as SPA and 7 as SSSI. Most of them are located in the Antarctic Peninsula and Ross Sea areas.

The Agreed Measures had also introduced provisions for designation of Specially Protected Species in the Antarctic, and in 1964 SCAR suggested that the Ross Seal and the Fur Seal be designated in this category. The parties to the Treaty made recommendations to this effect two years later. It was the first step towards helping governmennts with another conservation measure in the Antarctic, the Seal Convention, for which SCAR at the request of Treaty governments

did much of the basic work. At the consultative meeting in 1964, the problems that could arise from possible future pelagic sealing and the taking of fauna in the pack ice were discussed. It was recommended that each nation engaged in such activity should establish voluntary regulations to ensure the survival of the species and to avoid serious disturbances of the ecosystem. SCAR, welcoming this recommendation, pointed to the need for basic scientific investigations and hoped that the parties to the Treaty would devise a mechanism for the control of exploitation. In 1966, the Treaty parties agreed to voluntary guidelines for regulation of pelagic sealing in the Antarctic, and SCAR responded to invitations of the governments for scientific advice by setting up a Subcommittee of Specialists on Seals, who undertook a thorough investigation of all aspects; such as population size of various species, regional distribution, inmediate conservation needs, and interim guidelines. The Subcommittee also provided analyses of statistics on seals and birds killed and captured in the Treaty area. It was obvious that conservation arrangements involving only the twelve Treaty parties would not be sufficient to protect the species, and in 1972 a Seal Convention for the Antarctic Treaty area was signed. SCAR was invited to undertake a number of functions under the convention. SCAR, with some hesitation for reasons of principle and finance, accepted the tasks, and, for this purpose raised the status of the Subcommittee of Specialists on seals to a Group of Specialists. Until today, only five nations have ratified the Seal Convention, and two more are needed before it will come into effect.

Besides the major undertaking in the field of conservation mentioned above, SCAR has tackled a number of related matters. Discussions of man's impact on the Antarctic environments have resulted, inter alia, in agreed rules of conduct at Antarctic scientific stations and field expeditions. A code for the use of radio isotopes in research has been drawn up. SCAR has strongly opposed the proposal to dispose of nuclear waste in the Antarctic ice sheet. The advice of various working groups of SCAR has proved very useful in the search of answers to these and other questions which have arisen from the increased human activity in the Antarctic.

The increasing interest for Antarctic resources has called for timely measures to protect the Antarctic environment and ecosystems. The parties to the Treaty initiated discussions in 1972 on questions relating to mineral resources. SCAR scientists took part in discussions on the topic at an informal expert meeting in Oslo in 1973, organized

by the Fridtjof Nansen Foundation. In the following year, the question of Antarctic mineral resources was the subject of preliminary discussion by SCAR and the Working Group of Geology was asked to assemble information. At the VIII consultative meeting, the parties to the Treaty called upon SCAR to:

i. make an assessment on the basis of available information of the possible impact on the environment of the Treaty Area and other ecosystems dependent on the Antarctic environment if mineral exploration and/or exploitation were to occur there. If possible and appropriate, Governments may wish to assist their National Antarctic Committees in this undertaking by appropriate means;

ii. continue to co-ordinate national geological and geophysical research programmes in the Antarctic Treaty Area with the aim of obtaining fundamental scientific data on the geological structure of the Antarctic;

iii. consider what further scientific programmes are necessary in pursuit of the objectives.

The SCAR executive asked the Working Group on Geology to respond to the questions of the scientific programmes. Furthermore, the Executive of SCAR, in consultation with experts and National Committees, submitted a preliminary environmental assessment statements to the Special Preparatory Meeting for the IX Consultative Meeting held in Paris in June 1976. This meeting welcomed the statement and asked SCAR to give further and more detailed advice. SCAR, in Mendoza in October 1976, expressed its willingness to undertake and guide such further assessment as a task closely allied to the main objectives of SCAR, although the degree of detail achieved in this further assessment would depend on the financial support available. In order to undertake this task XIV SCAR established a Group of Specialists on Environmental Assessment of Mineral Resource Exploration and Exploitation in the Antarctic (EAMREA) and defined its terms of reference.

SCAR considered that the activities will fall into two stages as follows:

First, the preparation of the more detailed assessment requested on the basis of existing knowledge, and the formulation of a long term research programme to fill any serious gaps in knowledge.

Second, the execution of this long term research programme.

Dr. J. H. Zumberge accepted to act as convener of the group, which was appointed by the Executive of SCAR at the end of the

year. This group includes two experts on Arctic and Deep Sea technology, and ten scientists from the relevant working groups of SCAR, selected by qualifications as well as by geographical distribution. EAMREA held its first meeting in the middle of February 1977 and agreed to an outline of a report which it expects to hand to SCAR for submission to governments in time for the Consultative Meeting of the Treaty in London next September. Because much effort from leading scientists associated with SCAR will be involved, as well as considerable new research programmes, SCAR will welcome a statement that governments would be willing to make funds available in the future for:

Long term support for the Group of Specialists, and additional research programmes undertaken by SCAR nations to provide for the necessary scientific and technical information required as a basis for formulation of any necessary environmental control measures.

The expenses for the meetings related to Treaty requests to SCAR in 1976 and 1977 have been covered by generous grants from ICSU but SCAR cannot-look to its mother organization for adequate continuing financial support for such activities. Thus the extent to which SCAR can help to clarify the complex problems facing the parties to the Treaty in their deliberations on measures for control of possible future mineral resource activities in the Antarctic depends on their willingness to cover the expenses involved.

Also in another important matter —the question of utilization of Antarctic marine living resources— the parties to the Treaty are looking to SCAR for scientific guidance. The VIII Consultative Meeting urged SCAR to continue its scientific work and as soon as practical to convene a meeting to discuss current work and programmes for the study of conservation of the resources. Neither from a scientific nor a conservation point of view is the 60th S parallel significant. The ecosystem of the Southern Ocean must be treated as a unity. Already SCAR had established a working relationship with the International Coordination Group for the Southern Ocean, of IOC. SCAR then decided to constitute the Subcommittee as a Group of Specialists under the convenorship of Dr. S. D. El-Sayed, and, at the invitation of SCAR, SCOR agreed to cosponser the group. Later, a representative ACMRR of FAO joined the group, which met in August 1976 to discuss the request from the VIII Consultative Meeting, and from the IOC for proposals for appropriate biological oceanographic programmes. At the invitation of the US National Academy of Sciences, the meeting took place at Woods Hole, USA, an was combined with

a conference of 60 scientists representing most of the nations which are carrying out scientific and technical investigations of the krill- and fish stocks of the Southern Ocean. After having reviewed the available information, the Group of Specialists produced a plan for an intergrated biological investigation of marine Antarctic systems and stocks (BIOMASS), the objectives of which are:

To provide data and information for the conservation and wise management of the living resources of the Southern Ocean, and to improve the understanding of the complex ecosystem on which the resources depend... This proposal will be published shortly by SCAR and SCOR and will be submitted to the 1977 Antarctic Treaty Consultative meeting and to IOC.

At the XIV SCAR in Mendoza, the delegates adopted in principle the BIOMASS proposal. Such a large enterprise, involving many ships and nations over many years, needs careful and extensive planning, preparation and funding, and will possibly not develop into a major collaborating investigation before 1980-81. The realization of the BIOMASS plan depends on the willingness of the great fishing nations to devote the necessary funds for the scientific programmes, and to coordinate their efforts. Hopefully these nations have learned the lesson of the overexploitation of the whale stocks in the Antarctic waters, and will be willing to develop the necessary measures for control of the fishing, taking into consideration the need for conservation of the resources as well as for the preservation of the ecosystem of the Southern Ocean.

There have been differences among the parties to the Antarctic Treaty as to the urgency for measures to control possible exploitation of the mineral resources. There should be no reason for discussing the urgency for measures for the protection of the living resources in Antarctica. If that exploitation is not already started, it is not far away.

As for SCAR, it is ready to help in the development of the needed measures, but I cannot too strongly emphasize that SCAR does not take on any political responsibilities. This is a matter for the Antarctic Treaty governments.

PARTE OCTAVA

La cooperación política internacional para el desarrollo antártico

INTERNATIONAL COOPERATION FOR ANTARCTIC DEVELOPMENT THE TEST FOR THE ANTARCTIC TREATY

Brian Roberts, CMG
Scott Polar Research Institute, Cambridge,
England

Introduction

It has been suggested to me that I should take this opportunity to initiate discussion about the Antarctic Treaty: in particular to review how far the Treaty is meeting our present practical needs.

During the forty years or more during which I have been associated with Antarctic affairs, I have seen some degree of international order evolved out of chaos; harmony has replaced discord; many apparently insoluble problems have been resolved one after another. I have seen that good co-operation and compromise can and have been achieved repeatedly without any significant sacrifice of national autonomy and to the common advantage of all concerned.

Now that I have retired from Polar Regions Section of the Foreign and Commonwealth Office in London, and have returned to my research appointment at the Scott Polar Research Institute in Cambridge University, I feel free to express some purely personal thoughts, based on the lessons which I have learnt. I shall therefore not be frightened to mention controversial issues.

I. What has been achieved so far?

At this time the seven most important ties which unite the original signatories of the Antarctic Treaty can be stated quite simply. They are all embodied in the Treaty:

1. Common interest in the use of the Antarctic for peaceful purposes only;
2. Our agreed determination to promote freedom of scientific investigation and international co-operation towards that end;
3. The free exchange of information about plans for scientific programmes and the results of scientific research;
4. Complete freedom of access for scientific and other purposes to the area south of lat. 60°S.
5. The common desire to encourage co-operative working relations with the Specialized Agencies of the United Nations and other

international organizations having a scientific or technical interest in Antarctica;

6. The conservation of living resources;
7. The establishment of preliminary international machinery to bring about these objectives by periodical Consultative Meetings.

To these ties I would add two additional bonds which are not embodied in the Treaty but which have developed under its aegis:

8. A realization that the fruits of scientific co-operation, available to all, inestimably enhances the value of each nation's scientific effort, and
9. A realization, stemming from the knowledge gained by co-operation, that the Antarctic environment is sensitive to mishandling so that those who are aware of the dangers should retain the major voice in its development.

These basic objectives have since been elaborated and refined in a series of Recomendations to governments. Let us begin with some brief thoughts about the progress made with each of the first seven objectives since the Treaty came into force in 1961.

First (and most important). Peace has been kept in a very large and potentially explosive area of the world during a period of great international tension. The so-called "cold war" in the rest of the world has been kept out of the area south of lat. 60°S. The Treaty is justifiably held in high regard as a considerable political achievement. It not only froze the legal *status quo* regarding conflicting claims to territorial sovereignty, but, significantly, was the first post-war multinational treaty of substance to involve the Soviet Union.

Second. Freedom of scientific investigation and international co-operation to this end under the umbrella of the Treaty has gone forward exceptionally well. There have been a large number of very successful joint international investigations of problems that were too large for any one nation to deal with satisfactorily. The co-ordination of research projects has been fostered by the Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR), about whose work we have been hearing from Dr. Peter Welkner and Dr. Tore Gjelsvik. This group, sponsored by the International Council of Scientific Unions (ICSU), has also provided a most valuable —indeed I would call it an essential— source of independent scientific advice to governments. I think we should be careful not to underestimate the very great

value of the major new scientific advances arising directly from research in the Antarctic during the past few years. All too often it is forgotten that one of the chief results of the Treaty has been that all these discoveries have been made freely available to the whole world. They have not been kept reserved for the use of the nations responsible for organizing and financing the work.

Third. On the question of free exchange of information. The exchange of information about plans and results of scientific and other activities has been very successful. So also has the exchange of scientists between expeditions. These arrangements have certainly gone a long way towards reducing suspicions which were a natural legacy of the earlier period of secrecy. But I have some reservations. It is always good in principle to exchange information freely. However, this can become a real and perhaps an unnecessarily heavy burden on the responsible administrative organization. I have sometimes thought that when we have got into difficulties at Consultative Meetings we have too often sought escape from the real issues by the expedient of agreeing to exchange information. We now exchange quite a lot of detailed information which is not really needed on a routine basis. We have set date limits for these exchanges. Most administrators have found it difficult to meet these date limits and the record of what has actually happened about some of these exchanges is not very good. Often, this exchanged information arrives too late to be of practical value for those operating in the Antarctic. I should mention another aspect. Despite the obvious need, and the mutual advantages to be gained by all, little real progress has yet been made towards exchange of information about marine activities south of lat. 60ºS.

Fourth. Freedom of access to all for scientific and other purposes. There have been a few difficulties in connection with the freedom of oceanographical research in waters claimed as territorial seas. Other complications have arisen from difficulties in interpretation of Article II of the Treaty and in relation to states wishing to qualify for consultative status under Article IX. I will come back to this problem later.

Fifth. Co-operative working relations with other international organizations. So far as international scientific organizations are concerned, it seems to me that —after some rather painful early teething troubles— this is now working fairly well. I have already mentioned the key role of SCAR. Some of these organizations are (or should be) purely scientific. Some are political. Some, like the

conservation organizations, wish to advocate special aspects. All of these have contributed to understandings (and also some conspicuous misunderstandings) of the special problems.

Anyone who seriously considers the future of the Antarctic Treaty Area must take into account the emergent hopes and wishes now finding expression in many nations which are not themselves active in the Antarctic. There is a widespread belief that this very large region possesses immensely rich resources which are, or should be, part of the common heritage of mankind. Some who are present on this occasion will have been following the relevant proceedings of the United Nations Economic and Social Council (ECOSOC), the United Nations Environment Programme (UNEP), the United Nations Development Programme (UNDP), and the United Nations Law of the Sea Conference (UNLOSC). I must also mention the World Meteorological Organization (WMO), the Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC), the Food and Agriculture Organization (FAO), and the International Whaling Commission (IWC). The Treaty nations have a long and painful way to go in explaining Antarctic realities to the rest of the world. This is another matter to which I will return later.

Sixth. The conservation of living resources. During the period since the Antarctic Treaty came into force, a rather complicated network of voluntary regulations has been introduced. The general aim has been separate but harmonized legislation by each country.

All these separate instruments may seem highly complicated, but let us remember that they are achieving the needed results in a situation which has no precedent.

The 'Agreed Measures for the Conservation of Antarctic Fauna and Flora', first formally recommended to governments in 1964, have subsequently been the subject of substantial improvements in the light of experience. These arrangements have been widely acclaimed as one of the most comprehensive and successful international instruments for wild life conservation on land that has yet been negotiated. It is of special interest that these agreed measures and subsequent amendments have been working exceptionally well despite the fact that none of them are yet in force. None of these arrangements become legally binding on any of the governments until they have been approved unanimously by all the signatories of the Treaty.

The legal difficulties are such that prolonged delays are inevitable in bringing any Antarctic agreements into effect. However, a

useful device has been introduced into the affairs of the Treaty. Thist is the principle of "Interim guidelines". All the governments have found it possible to give rapid approval to Recomendations which urge voluntary action during the period before certain proposals come legally into effect. From the beginning, all the governments have taken appropriate administrative action to put these conservation measures into inmediate effect.

The difficulties in reaching agreement on conservation of Antarctic marine living resources are much greater than those on land. Article VI of the Treaty expressely reserves all existing rights with regard to the high seas. These include the right to fish and to hunt seals on floating ice. A good start has been made with the 'Convention for the Conservation of Antarctic Seals', signed in 1972. This also is not yet in force because it requires seven ratifications and only five governments have so far done this. But this agreement has been effective in preventing the start of a threatened sealing industry in the Southern Ocean. It is unique as an international agreement negotiated to conserve a resource which is not yet being exploited. I want to come back to this later when discussing possible means of regulating the potential krill and other fishing industries.

Seventh. We come to the most important point; the machinery for organizing international consultation and co-operation for the orderly development of the Antarctic continent and its surrounding seas. Considering the immense difficulties, I think that this has worked with surprisingly little friction. But I also think it is essential that this machinery should be allowed to evolve to meet new situations. I will return later to discuss this.

However, it may be helpful if I try first to summarize the most obvious future probable economic developments for which solutions will have to be devised.

II. WHAT ARE THE MUST OBVIOUS PROBABLE FUTURE ECONOMIC DEVELOPMENTS?

I believe that there are six chief issues which will require increasingly urgent attention in the near future. Most of them are likely to require concerted international action if the Treaty is to survive. I will list them quickly and then come back to say a few words about lach:

1. Mineral exploration and exploitation
2. Fisheries research and exploitation.

3. Man's impact on the Antarctic environment.
4. Tourism and other forms of recreation.
5. Disposal of nuclear and other toxic wastes.
6. Icebergs as a source of fresh water.

In all of these, we need to accommodate the views of the claimant and non-claimant states which are signatories of the Treaty, the wishes of states which have subsequently acceded to the Treaty, and also take into account Third World pressures. It is helpful to make a clear distinction between renewable and non-renewable resources. It is also helpful to try to define which items really require formal international agreement in order to keep them under reasonable control and which items only need less formal agreed 'codes of practice' which are not legally binding but are obviously in the common interest.

Mineral exploration and exploitation

This is a highly complex matter. Time allows only a few brief comments. The Antarctic Treaty does not mention the subject because, if it had been pursued in Washington in 1959, there would have been no Treaty. Until 1972 it was not even possible to discuss this at Consultative Meetings, where a single government can veto any item proposed for the Agenda. Since then, the whole question has become much more urgent.

It is useful to consider the exploitation of hydrocarbons and hard rock minerals as two quite distinct problems. In the Antarctic the former are most likely to occur offshore on the continental shelf. On this occasion, I will restrict my remarks to hydrocarbons. We have only to consider the experience of the Canadians in the Beaufort Sea last year to appreciate the very rapid progress that has recently been made with the techniques of offshore drilling in ice-infested seas. The work of Dome Petroleum Ltd, in particular, has demonstrated that the oil industry is capable of working in these exceptionally difficult conditions. They have also demonstrated that they can meet the severe constraints and stipulations put on them by the federal government to ensure environmental conservation. Many of these constraints are similar in kind to those which would need to be incorporated in any licencing system for offshore drilling in the Antarctic.

I would also ask you to reflect on what has recently been happening in another part of the Arctic – in Baffin Bay and Davis Strait.

Here, in one of the most difficult ice areas in the world —right in the main path of innumerable southward drifting icebergs— many oil companies have considered it worth while to purchase leases, even in areas where the water is more than 1000 metres deep. For these leases they are already paying annual dues. The map which I have put on the board shows the options so far taken up by twelve oil companies.

It is no use deceiving ourselves that the technology for successful drilling operations in polar conditions will still take years to develop. It is already with us or very closely within sight. What we have to face in the Antarctic is not the immediate development of mineral resources, but steadily increasing pressures from oil companies wishing to secure options *now* for use in the *future;* also increasing pressures from governments which are not signatories of the Treaty.

There are plenty of good reasons for postponing economic exploitation in the Antarctic. But these are now mostly political: the fear of precipitating a major crisis in the Treaty and the unwillingness of any oil company to start activities in the absence of an international agreement which would assure them the necessary licences and protection.

At least one government has taken the view that their claim to sovereignty must be recognized before there can be any extension of the Treaty to deal with mineral exploitation. It seems to me that a continuation of this inflexible attitude can only have the opposite result from the one which they desire. If the Antarctic Treaty Consultative Parties cannot agree together on how this matter should be handled, it is certain that opinion in the rest of the world will continue to harden against the original signatories. Increasing pressures will be brought to bear at the United Nations and in other places to take over the Treaty Area as part of the 'common heritage of mankind'.

None of the Treaty signatories can possibly hope to obtain recognition of their exclusive rights to resources, wherever these may be found in the Antarctic. The other signatories simply will not give this recognition; nor, indeed, would the rest of the world.. In the past few years we have seen plenty of accumulating evidence of the growing body of opinion that all nations have equal rights in the Antarctic. However much the signatories of the Treaty may disagree with this view, it is a political reality which we cannot afford to ignore. The historical, legal and practical background have led a few governments which have been active in the Antarctic to take a quite

different attitude. On this occasion I do not want to discuss the basis upon which exclusive sovereignty has been claimed over certain sectors. Let us accept that these claims exist and that the Treaty has gone a long way towards 'freezing' these old disputes and towards substituting peaceful international co-operation.

The point I want to emphasize now is that we are very rapidly being overtaken by events. The rest of the world will not wait while the Treaty governments procrastinate. The twelve original signatories all acting together –still less any one of them acting alone– will no longer be able to make effective decisions about the peaceful development of the Antarctic without steadily growing opposition. It seems to me quite essential that the Antarctic Treaty governments give a clear demonstration that they are capable of dealing with Antarctic problems.

The obvious need is for agreement on one of two alternatives: either a complete moratorium on all economic exploitation (within a defined area), or a regime within which mineral exploitation would be available to any state operating under licence, whether or not they are a party to the Antarctic Treaty. The first of these seems to me wholly unrealistic in a world urgently seeking new sources of raw materials. Certainly the longer it is postponed, this problem will become increasingly difficult to solve. It is generally thought that the second alternative presupposes that the over-riding issue of territorial jurisdiction must first have been settled. But is this second supposition really vital?

It is not impossible to envisage a situation in which the Antarctic Treaty Consultative Parties continue to reserve all their claims to jurisdiction, but at the same time agree not to raise the question of resource ownership. They could set up a joint licencing authority and establish a special regime with the necessary stipulations for protecting the environment, financial arrangements for licences, etc.

In this connection I have often thought that it might be best for the United Kingdom to look upon itself as a non-claimant state, in all but name. In the long run, claimant states might well benefit most by helping to create a regime enabling them to have non-discriminatory access under licence to the minerals of the *whole* area. Might this not be preferable to claiming exclusive ownership of minerals in a sector where exploitation can never be practical without international agreement. No nation can contemplate unilateral action unless they are prepared to defend their operations – if necessary by force. This probably means no exploitation, but it would not

be the same as an agreed moratorium. Each of the Consultative Governments will ultimately have to make their choice between three alternatives: first, no resource development; second, a share with their Treaty partners in regulating the development of any resources that may exist throughout the whole Treaty Area, or third, some kind of take-over by 144 nations, with accompanying administrative chaos.

It is true that only a few nations posses the capability to undertake commercial operations in the Antarctic. I, personally, believe it is important that licenced acces should be open to all bidders. I also believe that to keep in line with world opinion it will be essential to plough back into the financial support of Antarctic scientific research and administration a proportion of any royalties received for licences. I will come back later to an important precedent for this. It could be clearly demonstrated as an activity for the benefit of all nations, whether or not they possess the financial resources or technical capabilities to mount their own expeditions.

It will be no solution for the Twelve to devise environmental and technical standards without also establishing a credible licencing authority with powers to monitor and enforce such standards. It is possible to envisage a regime which should be acceptable to both the claimant and non-claimant states. But I think these must be recognizable progress towards an Antarctic Treaty solution along these lines if some of the Contracting Parties are to continue restraining their companies and nationals from exploring for and exploiting Antarctic minerals.

Fisheries research and exploitation

The development of fisheries in the Southern Ocean presents a very different series of problems from those posed by minerals. It is now proved beyond any doubt that an immense renewable living resource exists, especially krill. The technical problems of locating and catching krill have been solved and great progress has already been made with experiments in processing krill into various products.

Here also, we are being even more rapidly over taken by events. Although krill forms one of the most significant links in the whole Southern Ocean ecosystem, no international agreement exists to ensure rational management and prevent over-fishing. A repetition of the terrible story of whaling can very easily happen. Let us recall that the Antarctic Treaty was subject to the important reservation that nothing should prejudice the existing rights of any state in in-

ternational law as regards those parts of the high seas which lie within the Treaty Area. In simpler language, this meant that the measures agreed upon for conservation on land would not affect the right of fishing and hunting on the high seas.

Is was for this reason that we tried a new experiment with the 'Convention for the Conservation of Antarctic Seals' signed in London in 1972. This was negotiated between the twelve original Consultative Parties of the Antarctic Treaty. This conference and the resulting convention arose from the fact that a forum for international discussion about Antarctic affairs already existed. It would have been extremely difficult to start again from the beginning. We were able to arrange some wholly informal preparatory discussions during the Fifth Consultative Meeting in 1968, and to make real progress with a draft convention at the Sixth Meeting in 1970. It took eleven years to organize even this relatively simple agreement.

The 'Convention for the Conservation of Antarctic Seals' should be regarded as an initial attempt to start harnessing the problems of Southern Ocean fisheries. It might be useful if we could discuss this as one of the possible patterns for future procedure. We nust face the fact that the group of nations which will become interested in Southern Ocean fisheries will include others than those which have been actively participating in scientific research in the Antarctic. For the same reasons, the governments which adhere to the International Whaling Convention are not the same group of nations as are interested in other aspects of Antarctic research and development. It is for these reasons that I believe the Antarctic Treaty nations should take the initiative in negotiating what will probably be a series of conventions relating to the proper management of krill and fish in the Southern Ocean. We need a separate series of agreements which will not require governments to accede to the Antarctic Treaty before their nationals undertake fishing in the Southern Ocean.

We still know very little about the whole ecosystem, or about the biology of Antarctic krill and fish. It has therefore been encouraging to see the response of SCAR and SCOR, which last year inaugurated an internationally co-ordinated research programme called BIOMASS (Biological Investigations of the Marine Antarctic System and Stocks) . But an agreement on the rational management of these renewable resources cannot await the results of this massive long-term research programme. We need to start with something quite simple that can be negotiated quickly. I have in mind, for example,

the collection, analysis and publication of catch statistics from a defined area, an essential preliminary step. This is a task for which the Food and Agriculture Organization of the United Nations is well equipped and might be invited to undertake.

While I think we must look forward to the eventual establishment of an international regional fisheries commission, it will be necessary to proceed very cautiously indeed. FAO has, in fact, recently taken an initiative with their proposal for a vast project called SOFSP (Southern Ocean Fisheries Survey Programme), covering all the waters south of lat. 45°S., except 'waters under national jurisdiction', unless countries have explicitly invited participation. I must confess that I read of this project with serious misgivings. In some respects it seems to take no account of the political realities, or of the disturbance which it can cause to the Antarctic Treaty system. The fish resources are largely concentrated within present or future 200 mile coastal state fishing jurisdictions. Little or no account is taken of the special problems of jurisdiction in the Antarctic. Also, this project is quite unlikely to be acceptable to those countries with the technological capability of engaging in Southern Ocean fisheries if developing countries were to obtain a majority vote in the development of the programme.

It is not difficult to understand why some of the Antarctic Treaty Consultative Parties — especially those in the Southern Hemisphere — want to try to organize Southern Ocean fisheries within the exclusive scope of the Treaty. I find myself in svmpathy with this attitude, but at the same time I believe it is neither practical nor realistic, because it will not be accepted by the rest of the world. A wider group of nations will certainly be involved. The Consultative Parties should make provision for this and thus avoid nullifying the benefits of the Treaty.

Man's impact on the Antarctic environmet

It is obvious to all of us that whenever men have penetrated into new regions which have previously been undisturbed they have upset the natural ecological situation. May I mention, as only one of a huge number of examples, the introduction of European rabbits into Tierra del Fuego in the 1930's and again in the 1950's. This was disastrous for sheep farming in some ranges, because the rabbits quickly became a plague by riddling the ground with burrows and leaving it bare of grass. We need to give much more thought to the possible destructive effect of any proposed human activities in the

Antarctic and whether or not these are acceptable or desirable. This means careful study and discussion *before* embarking upon new projects which may result in possibly irreversible effects on the environment.

Man's increasing activities in the Antarctic have highlighted the urgent need for adequate conservation measures based on reliable scientific information. In this, good progress has been made so far as land areas are concerned, but in a region where all the food webs originate in the sea, pollution resulting from unregulated exploitation of minerals on the continental shelf or unregulated fisheries —especially for krill— could easily upset the delicate ecological balance. Assessment of man's impact on Antarctic wildlife, accompanied by internationally agreed an enforced controls, is now one ot the important challenges for Antarctic biologists and administrators.

Tourism and other forms of recreation

Tourism in the Antarctic has obviously come to stay with us. The number of expeditions whose primary interest is mountaineering or other kinds of adventure is also increasing. This is a type of activity which seems certain to grow and flourish in a part of the world which possesses some of the most beatiful and spectacular mountain scenery in the world. None, I believe, wants to stop this development, but many people are anxious about the possible results of ever-increasing numbers of visitors who can unknowingly destroy local ecological situations merely by their presence in large numbers or by the unintentional introduction of alien species or even virus diseases. The Consultative Parties to the Treaty are aware of these special problems and at their last meeting in Oslo (1975) initiated some preliminary measures to bring this under control. It has been agreed in principle that the most urgent problem is to discover how many tourists are visiting specified areas each year. This is a useful exchange of information, but difficult to chek or enforce when some tourist ships belong to nations which are not members of the Treaty club. It has also been agreed that, at this early stage, efforts should be made to concentrate tourist landings in a scheduled number of 'Areas of Special Tourist Interest'. Only by this action will it be possible to monitor and asses the effects of tourist invasions on the local environment, and to decide later what controls may be essential. Controls of this kind need not destroy freedom and personal enjoyment of a marvellous experience, but, they may well be essential to make this same experience possible for later ge-

nerations. I would not be surprised if tourist visits to the Antarctic followed the same kind of pattern as in Islas Galápagos, where the sudden influx of thousands of tourists has caused the Government of Ecuador to introduce and enforce some very necessary and sensible restrictions.

Disposal of nuclear and other toxic wastes

Despite the clear ban on disposal of radioactive waste materials in Article V of the Treaty, and the scientific advice on this subject given by SCAR, I doubt whether these have done more than postpone the issue. As nuclear energy sources proliferate throughout the world, we must not be surprised if there are increasing pressures about the disposal of radioactive waste. It is steadily becoming clearer that some of the existing methods of disposal have dangerous possibilities for the future. I refer to such methods as containers on the deep seabed, or the possible consequences of any kind of disposal in areas which are subject to earthquakes. This is an emotional subject which is certain to provoke strong political reactions. It is hard to believe that the remotest part of the earth in Antarctic will escape fervid and insistant advocates for its use in this connection.

The long-established practice of dumping toxic industrial waste materials at sea is now increasingly recognized as an unacceptable danger, especially to fisheries. Consequently, this dumping is being driven from the traditional and more accessible areas to more and more remote parts of the oceans. It will be no solution to permit it in the Arctic or Antarctic, where the ecological systems may well be more delicately balanced than in other regions.

Icebergs as a source of fresh water

At last we come to a potential resource which is endlessly renewable and possibly extremely valuable for the development of arid regions. The idea of towing large icebergs over great distances as a source of fresh water has been examined in considerable detail. To the surprise of every investigator, the overall idea seems technically feasible and also an economic proposition. Here is a development which may be of special interest for Chile. It is also one of the very few Antarctic developments which might possibly take place without raising difficult problems of original ownership of the icebergs.

III. WHAT ARE THE MOST OBVIOUS CONSEQUENT OUTSTANDING POLITICAL ISSUES?

It was inevitable that those who negotiated the Antarctic Treaty should have hesitated to imperil such a frail alliance by raising prematurely some of the ultimate issues of a highly controversial nature. It was not that the negotiators failed to foresee these difficulties; it was rather, that while the whole situation remained so extremely delicate, it was essential to keep disputes between themselves to a minimum. The governments concerned were obliged to consider their own rights and interests, yet they were fully aware that more important than any national desires was their common interest in peaceful co-operation. It was for this reason that the Treaty contains no mention of several subjects which have now become of paramount importance to the survival of the Treaty. Consideration of some of these can no longer be postponed.

At the moment it seems to me that there are five outstanding Antarctic political matters which should be receiving he highest possible priority in international discussions:

1. The regulation of marine fisheries in the Southern Ocean (especially krill);
2. The regulation of mineral exploration and exploitation;
3. The study of man's impact on the Antarctic environment and continued development of conservation measures;
4. The effects of tourists and non-governmental expeditions to the Treaty Area;
5. The rights and duties of states which accede to the Antarctic Treaty and the acquisition of 'consultative status'.

Of these, it seems to me that fisheries and minerals are the most urgent and most difficult.

IV. THE RIGHTS AND DUTIES OF STATES WHICH ACCEDE TO THE ANTARCTIC TREATY AND THE ACQUISITION OF 'CONSULTATIVE STATUS'

Article IX of the Treaty says that states which accede to the Treaty shall be entitled to participate in Consultative Meetings "during such time as that Contracting Party demonstrates its interest in Antarctica by conducting substantial scientific research activity there, such as the establishment of a scientific station or the despatch of a scientific expedition".

Since the Treaty came into force, seven more governments have

acceded, but there has been no common agreement among the original Twelve about what constitutes "substantial scientific research". Nor is it clear whether new members need to be invited to Consultative Meetings (and if so, by whom?); or whether they posses the automatic right to participate. Some of these governments clearly do not quality to send representatives to Consultative Meetings because they have taken no active part in Antarctic research. But, by their accession to the Treaty, they are, in my view, fully entitled to receive automatically all the information which Consultative Parties exchange annually. This should be the incentive for governments to accede, even if they have no intention to send an expedition south. By the mere act of accession, they can keep themselves fully and reliably informed about current events in the Treaty Area.

In addition to agreement with the principles and purposes of the Treaty, accession also means that certain *obligations* are undertaken. We now need to find some means to ensure that new members not only approve the Treaty itself but also approve and act in accordance with Recommendations made by Treaty Consultative Meetings. The whole system only makes sense if we can find a way to achieve this. All states now posses the legal right to free access for scientific purposes to any part of the Treaty Area. This right can be exercised by individuals or by governments. We must try to find some way to make sure that these new visitors also undertake the obligations. The original signatories of the Treaty all tell each other about their plans and feel free to consult about these. This group naturally resents the activities of outsiders who do not exchange information about their plans or activities. Some of these make no contribution to our international objectives.

What, in law and in practice, are the duties of states which accede to the Treaty? What, we may also ask, are the duties of privately organized expeditions from states which have not acceded to the Treaty?

The existing Consultative Parties now have before them the case of Poland, which has established a scientific research station on King George Island in the South Shetland Islands during the past southern summer. Poland has also undertaken a marine programme in the Southern Ocean in 1975-76, and has indicated plans for research on a comparable scale in 1977-78 and future years. Polaud acceded to the Treaty in 1961. The Polish authorities have given prior notification of their activities and have tried to co-ordinate

their proposed scientific work with others active in the same region through SCAR.

In a rather different category is the case of Italy, from which a privately-sponsored expedition established a base last year, also on King George Island. In this case there was no consultation with others who are active in the same area either through formal or informal channels. The Italian Government have not yet acceded to the Treaty.

During the past two years, West Germany has been undertaking a major marine research programme relating to fishing possibilities in the Southern Ocean. They have not yet acceded to the Treaty, but, have in fact co-operated closely with others having similar interests. They have provided full information about their plans and the result of their researches. Naturally, they will wish for consultative status if the Treaty forum is to be used to set up machinery to regulate their activities. It would be most unfortunate if we do not make full use of their expert knowledge and experience.

Brazil acceded to the Treaty in 1975 and has announced intentions to embark on an Antarctic research programme in the near future. If these projects mature, it seems to me quite essential that Brazilian scientists should be welcomed into the "club" and participate in the co-ordinated Antarctic programmes.

There are some difficult issues here which still await solution. Despite the basic need to keep Consultative Meetings small enough to be manageable, it is clear to me that the present Consultative Parties must expect some expansion of their forum to include others who become engaged in Antarctic research. For the period while these newcomers remain active in the Antarctic, they should be welcomed to take part in these consultations.

Once a State has demonstrated its interest in the Antarctic along the lines laid down, and has acceded to the Treaty, its seat at the following Consultative Meeting should be claimed as a right and should not be subject to a vote of the existing members of the Treaty The mandatory terms of Article IX (2) were adopted when the Treaty was being negotiated in 1959 because we wanted to make it clear that the Treaty must ensure, so far as possible, that all the States which were or might become active in the Antarctic should be involved in the consultative procedures under the Treaty. The effect of this mandatory provision on the present Contracting Parties is that the need to ensure the participation of an acceding state

which is active in the Antarctic overrides any differences which individual Contracting Parties to the Treaty may have with the acceding State. States which accede to the Treaty but do not follow through with an expedition to the Antarctic were not given consultative status under Article IX in order to prevent the consultations of the active Treaty members being swamped by representatives from countries which know nothing of Antarctic practical problems.

When expeditions go south from nations which have not signed or acceded to the Treaty, it is important that their governments should be urged to accede to the Treaty. Indeed, I would hope that all possible pressures be exerted towards this end. Unless their governments accede to the Treaty, and the subsequent agreements made under the Treaty, these expeditions will be acting in isolation: they will not automatically receive regular exchanges of information about the plans and results of other nations. Their contribution will be out of touch with current realities. They will not be in a position to co-ordinate their activities with others. Nor can they expect mutual help in emergencies : an activity which has become one of the most rewarding and satisfying consequences of the Treaty.

V. Future international consultation and administrative matters

As I am sure you all know, two kinds of international meeting are held by governments under the direct auspices of the Treaty:

Consultative Meetings (Article IX) are held in rotation round the twelve capitals of those qualified to attend these meetings. These are diplomatic events organized primarily to discuss political questions. They have usually been staged at intervals of two years, but this interval can easily be altered if necessary. These meetings make Recommendations to governments. The Recommendations do not become binding until approved by all of the Consultative Governments.

Meethings of Experts (Recommendation IV-24). These can be organized from time to time, as the need arises, on any special problem for which governments want expert advice on practical or scientific matters. In this category, there have been some useful government-sponsored meetings on subjects like telecommunications and logistics. These meetings can include invited experts

from any country. All participants may submit documents and make statements,

The *Scientific Committee on Antarctic Research* (SCAR). A third kind of meeting is organized outside government circles. SCAR, as we have heard at this meeting, is an organization which can provide quite independent (non-government) scientific advice when requested by the Antarctic Treaty Consultative Parties. SCAR plays a most important part in co-ordinating the research programmes of each of the national organizations. But we must remember that its functions are purely advisory. SCAR possesses no executive authority. In this lies the chief source of its strong influence. SCAR could be very quickly destroyed if it gets involved in politics. Government have been inviting SCAR to undertake more and more studies, some of which are very expensive and cannot be undertaken with SCAR's limited resources. If this work is to be continued and expanded, it seems that governments will need to consider whether they can give some financial assistance to National Antarctic Committees.

These three kinds of meeting have so far served our common purposes quite well. It is my personal belief that they will continue to do so for some time, although it may soon prove essential to hold Consultative Meetings more frequently than at two-year intervals. Also, I think that the idea of Meeting of Experts will probably have to be developed to deal with special problems as they arise. It may even be necessary to create some standing committees to deal with matters like resource exploitation. What I am suggesting is that we do not yet really need an Antarctic Treaty Secretariat. This may well become necessary at a later stage, but we have not yet reached the time when it is essential. This is an extremely controversial question. Some of the governments concerned have not yet been able to bring themselves even to discuss this subject in open debate. This reluctance is understandable. There are great difficulties about the location of any Secretariat and how it could be kept sufficiently small to be effective. These difficulties will increase enormously when more governments qualify to become Consultative Parties to the Treaty.

My mind boggles at the thought of 144 members of the United Nations trying to make realistic decisions about Antarctic matters. It seems essential that the group of nations responsible should be kept small enough to be efficient, and should also be restricted to those nations which are actively engaged in and possess experience

of working in the Antarctic Treaty Area. I refer particulary to the areas of land south of lat. 60°S.

If we widen the forum of those entitled to vote at Antarctic Treaty Consultative Meetings (and I do not think this can be avoided), we shall have to question both the rule of unanimity prescribed by the Treaty and the competence of these Consultative Meetings to initiate and draft formal conventions open to accession by a larger group of nations. The rule of unanimity embodied in Article IX of the Treaty is, in my opinión, one of the chief reasons for successful progress during the past decade.

It is important to appreciate that the Treaty works by general concensus agreed without dissenting view. I cannot avoid emphasizing this point as strongly as possible. It is true that this procedure has led to some fierce arguments at Consultative Meetings. But many of these have been due to misunderstandings; often due to inadequate communications or inadequate prior consultation. The need for prior consultation is most important. Experience has shown that it has never been productive to spring new ideas on a Consultative Meeting and expect positive results at that same meeting. Delegates work under instructions, and it is difficult —if not impossible— to get some of these altered at the last moment by telegraph. If instructions have been drawn up under misunderstandings, there is little prospect of agreement until at least the next Consultative Meeting two years later.

We now know that the most significant agreements under the Treaty take at least six years to push through. A new item is aired at one meeting (where nothing is decided except to put it on the Agenda for the next). At the second meeting it may be discussed in some detail, or be shelved. At the third meeting there may possibly emerge a Recommendation to governments, but in some cases this has become so watered down from the original idea that it is almost useless. Even then, it may take a further two years before unanimous approval can wake the agreement binding on governments, and then further years must pass while the appropriate harmonized national legislation can be passed through our widely differing constitutional procedures. Taken together, these procedures are much too slow to cope with the rapidly increasing activities which are now taking place in the Antarctic. The speeding up of Antarctic Treaty procedures should therefore, in my opinion, be accorded a much higher priority. A significant development to

meet this situation has been the organization of more frequent and longer preparatoy meetings before each Consultative Meeting.

VI. CONCLUSIONS

I can only finish with a few very brief conclusions. Our apparent unwillingness to face some of the real issues confronting us can be fatal to the particular interests which each of our governments want most to advocate and nurture. We have seen this same sequence of events develop and collapse again and again in the history of other parts of the world. Why, I ask, should we let it prevail yet again in the Antarctic?

It is possible that a *de facto* situation could arise in which the Antarctic Treaty Area is administered by the Consultative Parties of the Treaty on behalf of the full international community. This would, in effect, be a type of condominium. Unless it can be clearly demonstrated that a much wider group of nations are receiving some benefits, this kind of regime will remain open to increasing criticism and lack of co-operation from those who have not qualified to join the 'club'.

To avoid endlessly prolonged conflict, I think that the Consultative Parties need to conduct their activities in such a way that they can in due course come to be recognized by the United Nations as responsible trustees acting on behalf of a much wider group of nations. That there will be a price to pay for this outcome is certain. But, I ask you to consider this particular issue. Are any of the alternative solutions that have been advocated likely to be more acceptable to the original Twelve Consultative Parties?

In this connection I would like to mention an important precedent which has not been generally known. In 1907, three years after southern whaling started, all the Argentine, Chilean, Norwegian, British and, more recently, the Japanese whaling companies which operated from harbours or shore stations in the South Shetland Islands and South Georgia paid to the British Government annual dues for the use of these facilities. This continued in the South Shetland until 1931 when pelagic whaling started; and in South Georgia until the 1960's. The point I want to make is *not* about this British act of sovereignty, but that the greater part of the money received in this way was ploughed back into the Antarctic and was used to finance scientific research on the biology of whales and their environment. From 1924 onwards the *whole* of the revenue received in this way was ploughed back into the work of the

"Discovery Investigations". Without this sustained research programme, there would have been scarcely any scientific information on which to base any regulation of the industry. I would like to see consideration given to something along these lines as part of the arrangements made under the Antarctic Treaty. I am, of course, talking about the relatively small amounts of money which could be received by an international authority for licences and royalties. This aspect could, I think, be isolated from the use of these licences by organizations which operate and will themselves expect an appropriate financial return for their investment.

In my personal opinion, another conclusion emerges very clearly. One essential step lies in general acceptance by the Consultative Parties of the principle that harmonized national legislation, stemming from agreements under the Treaty, should be based on the nationality of *individuals* throughout the area; not on the traditional exercise of sovereignty over particular claimed sectors. In Article VIII of the Treaty the Twelve have already agreed on this principle for observers and exchanged scientists, but these constitute only a very small proportion of visitors, who should, in my opinion, all be treated in the same way. I would like to draw attention to the fact that this principle was incorporated in the British Antarctic Treaty Act 1967.

In conclusion, I cannot refrain from some mention of the unique opportunity we all now have for a more realistic and imaginative approach to our mutual problems in developing the sixth and last continent to be invaded by man. This is a real and exciting challenge. The need to find means of securing wide international recognition and support for the Antarctic Treaty calls for more imagination, unity, courage and drive than the Consultative Parties have so far demonstrated.

BASES PARA EL DESARROLLO ECONOMICO DE LA ANTARTICA EN UNA PERSPECTIVA POLITICO – JURIDICA

Oscar Pinochet de la Barra

I. Recordemos algunos hechos

Para plantear en forma lógica y comprensible el futuro desarrollo económico de la Antártica, es indispensable retroceder en el tiempo y recordar la situación que existía en ese continente veinte años atrás.

Lo más grave era el conflicto entre Chile, Argentina y Gran Bretaña por la susperposición de sus sectores en la Península Antártica y en las Shetland del Sur. El asunto venía de más lejos: a principios de este siglo, Chile había hecho concesiones pesqueras y balleneras; Gran Bretaña, señalado un sector como dependencia de las islas Falkland o Malvinas; y Argentina aceptado, en 1904, un refugio que le cediera el explorador escocés Bruce en las Orcadas del Sur, un poco más al Este.

En el resto del continente había –y hay– otros cuatro sectores, sin mayores problemas: de Australia, de Nueva Zelandia, de Francia y de Noruega. Sólo estaba libre la parte que se extiende frente al Océano Pacífico, entre los meridianos 90 y 160º Oeste de Greenwich.

Es cierto que no todos los países reconocían todos los sectores, pero, tal como se pretendía en el Artico, se le estimaba la manera más lógica de limitar derechos en las regiones polares.

Aun más, el propio gobierno de Estados Unidos había recomendado a Chile hacer una "formal petición de soberanía", por nota del 10 de enero de 1940. Claro que cuando nuestro gobierno lo hizo, el 6 de noviembre de ese año (meridianos 53º al 90º Oeste de Greenwich), el Departamento de Estado, extrañamente, declinó reconocer el decreto chileno, en un cambio completo de política.

Sin embargo, esta posición de Estados Unidos no quitó importancia al sistema de los sectores.

Tampoco terminó con ellos o los desconoció el propio Tratado Antártico del 1º de diciembre de 1959. Sólo se limitó a congelar lo que André Gros llamó en esa oportunidad en Washington, "lo contencioso antártico". El art. 4º del Tratado es a este respecto

suficientemente claro y sin él no habría habido Tratado. La filosofía de ese convenio es muy simple: nadie renuncia a sus derechos o pretensiones; nadie, tampoco, está obligado a reconocerlos; la labor científica se desarrollará con entera libertad, tal como se hizo "durante el Año Geofísico Internacional".

Los hombres de ciencia dieron la solución: "enfriar" el problema político-jurídico, y Chile pidió que el Tratado no se pudiera modificar, sino unánimemente, por 30 años —hasta 1991—, período suficiente para ver cómo funcionaba. Después de esos 30 años, las enmiendas pueden adoptarse por mayoría, según el art. 12, y cualquiera de los socios no contentos con dichas enmiendas queda en libertad para retirarse. En mi opinión, un Tratado Antártico sin la norma de la unanimidad, carece de futuro.

Así funcionamos durante 11 años; desde la fecha de vigencia del Tratado, 23 de junio de 1961, hasta la Séptima Reunión Consultiva, octubre-noviembre de 1972.

La gente muy joven, al mirar la situación jurídica del sexto continente, podría pensar que no existen allí soberanías individuales y que si las hubo, están sepultadas bajo 30 millones de kilómetros cúbicos de hielo. Hay países que en conferencias internacionales hablan de *res communis,* de la alta mar o de la luna; otros, de *res nullius* o sin dueño y se preparan ¡demasiado tarde! para adquirir soberanía polar. No debemos engañarnos si queremos ver claro, especialmente hoy cuando se habla de petróleo y otras riquezas. Hay únicamente renuncia momentánea a "hacer valer, apoyar o negar" (art. 4º) reclamaciones de soberanía. Esta es, indudablemente, una limitación, pero no una renuncia. Si algún día queda sin efecto el Tratado, renacerán esos derechos tal cual estaban el 23 de junio de 1961, y, con ellos, renacerán, por supuesto, los problemas que tanto nos molestaron años atrás.

II. La impetuosa llegada de los petroleros

En 1968 se descubrió petróleo en el Artico, al norte de Alaska, en la bahía Prudhoe, y en 1970 llegaron los técnicos al noroeste canadiense, en la costa del Mar de Beaufort. El entusiasmo fue grande, los ojos se dirigieron al Antártico, y hubo conversaciones de pasillo en la Sexta Reunión Consultiva de Tokio de octubre de 1970.

En la reunión siguiente, como dije, en Wellington, en 1972, el tema fue inscrito con el nombre de "Recursos antárticos - Efectos de la exploración minera", y se argumentó acerca de la tremenda presión que en esos mismos momentos hacían ciertas compañías

petroleras para obtener autorización a fin de explorar comercialmente la Antártica. Se dijo que el plazo máximo para una moratoria era de dos años, después del cual, difícilmente los gobiernos iban a poder atajar a las compañías... Las delegaciones de Chile, Argentina, Francia y la Unión Soviética manifestaron que el asunto era grave y comprendía problemas relativos al Tratado Antártico y a la posibilidad de contaminación, por lo que debía fijarse una moratoria más amplia. Finalmente, como no hubo acuerdo, las delegaciones de Chile y de la Unión Soviética vetaron toda resolución al respecto, aceptando, sin embargo, que se inscribiera el tema para la Reunión Consultiva de Oslo con el título ya señalado.

Los tres años que mediaron entre Wellington y Oslo sirvieron como un período de reflexión. En junio de 1975 tampoco hubo acuerdo para una resolución definitiva ni para fijar plazos estrictos de moratoria. Predominó la cautela y, diría yo, un más amplio sentido de responsabilidad. Así fue como en Oslo se dejó constancia de la necesidad de "abstenerse", por el momento, de la exploración y explotación de minerales y, aun, de "oponerse" a las actividades que cualquiera pretenda desarrollar en la materia. Un lenguaje mucho más decidido que el casi temeroso empleado por algunos en Wellington.

Luego vino la reunión especial de París, de junio-julio de 1976 donde, por primera vez dentro del llamado Club Antártico, se trató extensamente el tema y se presentaron trabajos importantes, tanto en los aspectos políticos y jurídicos, como en los científicos, ecológicos, técnicos y económicos del asunto que ahora está inscrito por tercera vez en el temario de la Novena Reunión Consultiva de Londres.

III. LA EXPERIENCIA PETROLERA EN EL ARTICO

El período que llamaría de "reflexión activa", respecto a una futura industria petrolera antártica, ha coincidido con importantes labores en el Artico, de los países que rodean ese mar helado, destacándose las de Estados Unidos y Canadá en el Mar de Beaufort. El primero en Alaska, en la bahía Prudhoe, y Canadá en la desembocadura del río Mackenzie, cerca de las poblaciones de Inuvik y Tuktoyaktuk.

Estudiar lo que ha sido la industria petrolera ártica en estos últimos ocho años es entrar en el reino de lo extraordinario, tanto por las nuevas técnicas empleadas como por el gasto hecho y los esfuerzos para evitar el peligro de contaminación.

Desde que la compañía "Atlantic Richfield" descubrió petróleo

a 3.000 metros de profundidad en la bahía Prudhoe, el 13 de marzo de 1968, hasta hoy, los habitantes de Alaska han visto transformadas sus vidas; los partidarios de conservar la naturaleza sin alteración ni daño continúan su acción de defensa; y el gobierno de Estados Unidos, con una inversión que cada año aumenta sobre la calculada inicialmente, aún no extrae la primera gota de combustible en la costa norte.

El oleoducto de 800 millas, desde el mar ártico hasta el puerto de Valdez, cerca de Anchorage, es el más caro y difícil construido por el hombre. Su presupuesto de 7,7 billones de dólares puede aun aumentar, pero pondrá a disposición del país norteamericano una cantidad calculada en 9,6 billones de barriles de petróleo. Se piensa que las reservas no descubiertas en el resto de la plataforma continental de Alaska proporcionará petróleo por 25 ó 30 años más. Estas reservas ascenderían a la quinta parte del petróleo aún no descubierto en Estados Unidos.

Canadá descubrió petróleo en el Artico, dos años después, en enero de 1970, y sus trabajos de exploración han sido menos espectaculares, pero avanzan continuamente.

Desde entonces ha existido preocupación en Ottawa por evitar la contaminación de las aguas árticas contiguas al continente, y hay una ley al respecto, la C-202. Sus disposiciones se ocupan de la explotación de los recursos naturales y de su transporte, sin alterar el equilibrio ecológico. Tal como dice su nombre, se trata de la "prevención de la contaminación".

El gobierno canadiense se da cuenta, sin embargo, que, según lo declaró en enero de 1976 el Ministro para los Asuntos del Medio Ambiente, "no hay todavía medios técnicos que permitan limitar las consecuencias catastróficas de una emisión violenta de petróleo en el Mar de Beaufort".

Según estimaba el diario canadiense *Le Devoir,* de principios de diciembre de 1976, ya se han producido pequeños accidentes en la prospección petrolera ártica y se ha necesitado de 3 meses a 1 año para detener el escape de gas de pozos en trabajo. Pero, añade, si el escape fuera de petróleo y no de gas, "se produciría un desastre ecológico de incalculables consecuencias".

Por la similitud de las regiones árticas y antárticas, vale la pena transcribir otros párrafos del periodista canadiense Bertrand de la Grange:

"La ruptura de un pozo de petróleo al final de la estación de perforación en el Mar de Beaufort, o sea, a principios de octubre,

no podría ser controlada antes del verano siguiente, en el mejor de los casos. En las primeras semanas después del accidente, 2.500 barriles de petróleo y 34.000 metros cúbicos de gas se esparcerían cada día en el mar. En condiciones normales, aunque la perforación de un pozo de socorro para detener el escape demande cierto plazo, es posible desarrollar simultáneamente operaciones de limpieza. La formación de la barrera de hielo en el Mar de Beaufort, a partir del mes de octubre, hace completamente imposible actividades consideradas como corrientes en el golfo de México o frente a California".

"Apretado bajo la espesa barrera del Mar de Beaufort, el petróleo se extendería a lo largo de los territorios del noroeste y de Alaska, sobre centenares de kilómetros. Las consecuencias para el frágil ecosistema del Artico serían desastrosas. La destrucción del plancton, el primer eslabón de la cadena alimentaria, causaría la muerte de numerosos peces y afectaría las migraciones de unas 800 ballenas que vienen normalmente al Mar de Beaufort durante el verano. En la primavera, 70.000 focas llegarían como de costumbre a esta región, pero el número de nacimientos se vería considerablemente reducido por la contaminación de la barrera. Los osos polares, que se alimentan de focas, se verían a su vez afectados. Los nativos de la región, último eslabón de la cadena, perderían una buena parte de sus fuentes de entradas, la caza y la pesca, sin tener siquiera la esperanza de beneficiarse con un eventual boom petrolífero".

Alguien podría pensar que todo esto no es más que una exageración; pero el periodista canadiense no ha terminado. Sus palabras siguientes deberían inducirnos a la reflexión: "Sería sin duda necesaria una decena de años para borrar todas las huellas de un escape que habría durado 2 años".

Con todo, la *Imperial Oil* está optimista de sacar su primer petróleo del Artico en 1983, calculándose que las reservas son mucho más grandes que las norteamericanas de la bahía Prudhoe. Los gastos de perforación en junio-agosto de 1976 llegaron a la astronómica cifra de 33 millones de dólares por pozo, pero, al parecer, nada es demasiado caro desde que en octubre de 1973 los países árabes multiplicaron varias veces el precio del combustible.

IV. VOLVAMOS AHORA AL ANTÁRTICO

Los dos primeros rubros del desarrollo económico de la Antártica son el krill y el petróleo. La industria del krill está en plena etapa inicial.

El petróleo me preocupa mucho más porque es fuente de n-taminación y porque su extracción puede hacer revivir el problema de las soberanías.

De la experiencia petrolera ártica podemos sacar algunas conclusiones.

Desde luego, que esas compañías todopoderosas, que "no aceptaban" en 1972 sino una moratoria máxima de dos años para explorar comercialmente petróleo en la Antártica, no eran tan "temibles" como se las pintaba y tienen bastante trabajo en el Artico, por lo menos hasta fines del presente siglo. A lo que debe agregarse las labores en el Mar del Norte.

En seguida, que el avance técnico y el alto precio del petróleo, harán, dentro de un tiempo, posible y conveniente, explotarlo también en la Antártica.

Por último, que el peligro de contaminación es aún muy grave, y no se ha encontrado el método que nos dé seguridades. Algún día se le encontrará. Evitar la contaminación no puede ser más difícil que llegar a la Luna o posar unas sondas en Marte.

Ahora bien, pasando al otro problema, ¿es necesario resucitar el "rompecabezas" político de la Antártica? Es fácil decir: no reconozco la existencia de soberanías individuales antárticas, pero esto no nos ayuda a solucionar el problema.

Los sectores son un hecho importante y podrá discutirse la distinta validez de los títulos que les sirven de fundamento, pero nadie puede negar que detrás de ellos hay toda una serie de valiosos antecedentes, de esfuerzos, de sacrificios y, aun, de hechos heroicos que son parte de la historia; porque los sectores son un hecho histórico innegable que el propio Tratado Antártico tomó en cuenta, y trató por todos los medios de no alterar. No olvidemos, además, que de los 12 países invitados a Washington en 1959, la mayoría, 7, tenían demarcado un sector.

El propio Tratado, como dije, en su art. 4º, reconoció que existían "derechos de soberanía o reclamaciones territoriales", sin que esto innovara en la posición de cualquier país de reconocerlo o desconocerlo.

V. Bases para el desarrollo económico

Los que estuvimos en la conferencia de Washington, en 1959, recordamos que la "libertad de investigación científica" se constituyó en un escollo casi insalvable, y su aceptación final sólo se logró cuando las grandes potencias aceptaron la desnuclearización de la

Antártica. ¿Por qué este temor? Unicamente porque con el correr de los años, y a pesar del art. 4º, se temió que esa investigación científica se realizara o se utilizara en menoscabo de las soberanías existentes.

¿Qué decir ahora de las actividades económicas que se proyectan? Que el temor es muchísimo más grande por la naturaleza de ellas.

Un reglamento aceptable para el desarrollo económico de la Antártica será el que, sin afectar los derechos de soberanía, manteniéndolos congelados, dé intervención predominante en ese desarrollo a los miembros activos del Tratado Antártico.

Para no tocar dichas soberanías es indispensable conservar el principio de la unanimidad en los documentos que se redacten, lo que permitiría así que cada país juzgue la conveniencia de las medidas que deban tomarse en el futuro.

La intervención predominante de los miembros activos tendrá que manifestarse en la confección del reglamento de exploración y explotación minera, con claras normas sobre la concesión de autorizaciones y formación de sociedades.

¿Quién podría negar a los miembros del Tratado Antártico el derecho a completarlo con un anexo que se refiera al desarrollo económico? La comunidad internacional aceptó una vez que nos ocupáramos con exclusividad del sexto continente, cuando se trataba de solucionar el delicado problema político que ahí existía. Entonces establecimos un sistema jurídico que es ley fundamental a la cual deben ajustarse todas las actividades antárticas. Cuando venga la explotación del petróleo, continuaremos asumiendo esa obligación, que no corresponde a Naciones Unidas, a la FAO u otro organismo.

Eso no puede interpretarse como una posición egoísta, ni quiere decir que mantendremos a la humanidad al margen de las riquezas antárticas. Pero, insisto: los miembros activos del Tratado Antártico tenemos derecho a elaborar las nuevas normas aplicables y a velar porque se evite el peligro de la contaminación.

No sería realista que tratáramos de determinar ahora mismo cómo se van a explotar todas las riquezas de la Antártica. Primero, porque hoy es técnica y económicamente imposible hacerlo. Hablemos, pues, sólo del petróleo. Enseguida, porque las labores del Artico no nos dan todavía seguridad acerca de cómo evitar la contaminación. Por último, porque la situación jurídico-política de la Antártica es muy variada, y lo lógico es comenzar a explotar aquella parte donde hay menos problemas.

Los miembros activos del Tratado pueden perfectamente determinar qué es lo que desean hacer, dónde y cuándo.

VI. Etapas del aprovechamiento petrolero

Convenido el aprovechamiento petrolero de la Antártica, habrá que comenzar a explorar y a explotar por algún sitio y nadie pretenderá que se perforen pozos de esos que cuestan hoy 33 millones de dólares cada uno, alrededor de toda la Antártica, en su plataforma continental...

Parece indudable que la exploración comercial y la subsiguiente explotación serán menos difíciles, en cuanto al problema político, si se comienza en la plataforma del sector no reclamado; entre los meridianos 90° y 160° Oeste de Greenwich, tanto en la Tierra de Ellsworth como en la Isla Thurston. A este sector se podría agregar, si así se conviene, el Mar de Ross y su promisoria plataforma ya muy estudiada.

Como chileno, yo no tendría objeción a una explotación del petróleo de esos dos sectores. Bastaría una razonable seguridad de que se emplearían medidas eficaces para evitar la contaminación del Pacífico Sur, tanto en la extracción como en el almacenamiento y en el transporte del crudo.

Evitar dicha contaminación es esencial para mi país, porque la corriente marítima de Humboldt se genera en esa zona austral, y es la que lleva hacia el norte la extraordinaria riqueza de fitoplancton, krill y peces que ha dado a las industrias pesqueras de Chile y del Perú clase internacional.

Es indudable que esta primera etapa tomaría —de acuerdo a la experiencia del Artico— de 15 a 20 años para estar en pleno funcionamiento. Luego podríamos pasar a la exploración comercial de otras partes de la plataforma continental, dejando para el final los mares de Weddell y Bellingshausen y sus plataformas.

Cuando se habla de las dificultades que presenta el Antártico para su aprovechamiento económico, se comete muchas veces una equivocación. El verdadero problema político está en la Península Antártica y en las Shetland del Sur, por la superposición de los sectores de tres países: Chile, Argentina y Gran Bretaña. El error está en extender al resto del continente a las cuatro quintas partes, lo que sólo es problema de un quinto de su superficie. Pero sí se procede por etapas, avanzando desde donde no hay sino pequeños problemas, hasta llegar al sector sudamericano, es evidente que se comenzará antes el aprovechamiento petrolero.

En otras palabras, las normas generales se las daría hoy, sujetas a la posibilidad práctica de su aplicación paulatina. Entretanto, urgiría la solución para esa quinta parte del continente, sin demorar la explotación del resto de él.

VII. CONCLUSIÓN

Deberá encontrarse un arreglo que conserve a la Antártica su carácter de región no contaminada y de reserva mundial única de flora y fauna autóctonas. Para el aprovechamiento petrolero tendrá que designarse restrictivamente unos pocos puntos precisos que no interfieran con las zonas especialmente protegidas. "Conservacionistas" y "petroleros" deberán conciliar, pues, sus puntos de vista. Aquí tienen la palabra los hombres de ciencia y los técnicos.

Por su parte, "territorialistas" e "internacionalistas" necesitan estudiar a fondo un anexo al Tratado que no toque el asunto de las soberanías; de lo contrario, se corre el riesgo de un conflicto que, naturalmente, impedirá un acuerdo sobre la explotación del petróleo hasta después de 1991, y que podría llevar a la ruptura del Tratado Antártico.

No estamos preparados para dar una solución al problema de fondo de las soberanías; éstas deben seguir congeladas y habrá que pensar en una asociación de intereses dirigida por los miembros activos del Tratado, abierta a la comunidad internacional.

Una asociación de explotación no sería algo insólito en Derecho Internacional. Ya lo adelantaba el tratadista francés Paul Fauchille en 1926, y convendría recordar tratados como el Spitzberg de 1920. Por supuesto que el caso plantea una cantidad de problemas que no es el momento de analizar. Para llegar a constituir esta asociación habrá que respetar las situaciones adquiridas, tal como se hizo en Washington en 1959. El resultado fue entonces un Tratado que se ha estimado modelo de equilibrio y de sensatez, que abrió camino al Derecho Internacional, y que ha inspirado y ayudado a solucionar otros problemas.

Lo peor de todo sería apresurar soluciones que no están maduras. Habrá que tomar, pues, todo el tiempo que sea necesario. Lo único que cuenta es lograr un buen resultado.

Cuando en la Séptima Reunión Consultiva de Wellington, en 1972, se me dijo que era imposible aceptar una moratoria mayor de 2 años para abrir la puerta de la Antártica a las compañías petroleras, yo ofrecí 10 años de moratoria, plazo que entonces esti-

maba suficiente a fin de preparar con seriedad la iniciación de esta industria. Han pasado 5 años desde entonces, y, ¿quién podría decir que estamos listos para comenzar hoy a sacar el petróleo antártico en forma responsable? Sin embargo, si Chile no hubiera vetado entonces los 2 años, ustedes pueden imaginar lo que estaría ocurriendo por estos días en la Antártica.

Sólo el avance coordinado de hombres de ciencia, técnicos, juristas y gobernantes, con imaginación y buena voluntad, nos dará la señal de partida en la nueva etapa antártica: la de su aprovechamiento económico.

Señores:

Este symposium antártico nos indica que no existe una tremenda urgencia para dar concesiones petroleras.

Primero, debemos ver si hay petróleo. Luego, para su exploración comercial, hay que preparar el reglamento respectivo.

Así nos anticiparemos a los acontecimientos y evitaremos problemas para el futuro.

Mientras antes lo hagamos, será mejor.

PROGRAMA DEL SYMPOSIUM

Lunes 11 de abril

(18.30 horas) SESIÓN INAUGURAL

Oradores invitados:

- Profesor Francisco Orrego Vicuña. Director del Instituto de Estudios Internacionales de la Universidad de Chile.
- Profesor Mateo Martinic. Rector del Instituto de la Patagonia.
- General Nilo Floody. Intendente de la XII Región.

Martes 12 de abril SESIÓN DE LA MAÑANA

Presidente invitado:

Señor Ives Gibert. Secretario General de la Dirección de Tierras Australes y Antárticas Francesas.

(9.00—11.15 horas) *Antecedentes y perspectivas del desarrollo antártico.*

- Presently envisaged possibilities for Antarctic exploitation. Doctor P. G. Law. Vice-chancellor, Victoria Institute of Colleges, Australia.
- El marco histórico del desarrollo antártico: interés y presencia de Chile. Profesor Mateo Martinic. Rector Del Instituto de la Patagonia.
- El marco geográfico del desarrollo antártico. Profesor Sergio Sepúlveda. Departamento de Geografía de la Universidad de Chile.
- Comments on Geographical and Geological Researches in the Japanese antarctic expedition, Profesor Yoshio Yoshida. Japan National Institute of Polar Research.
- Discusión.

(11.30—13.00 horas) *El progreso de la investigación científica como base del desarrollo antártico.*

- The advancement of scientific research as the basis for Antarctic development. Profesor Takesi Nagata. Director, Japan National Institute of Polar Research.
- Investigación científica en la Antártica. Profesor Juan Carlos Castilla. Instituto de Ciencias Biológicas, Universidad Católica de Chile.

El Desarrollo de la Antártica

— Los programas argentinos de investigación científica en la Antártica. Doctor René Dalinger. Jefe de la División de Glaciología, Instituto Antártico Argentino.
— Discusión.

Sesión de la tarde

Presidente invitado:

Doctor Brian Roberts. Research Associate, Scott Polar Research Institute. England.

(15.00—16.45 horas) *El desarrollo de los recursos vivos de la Antártica.*

— El desarrollo de los recursos renovables de la Antártica. Profesor José Valencia. Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile.
— La explotación del krill antártico. Ingeniero Roberto Cabezas. Jefe de la División de Planificación y Desarrollo, Instituto de Fomento Pesquero.
— The development of the living resources of Antarctica: krill. Doctor R. B. Thomson. Superintendente, New Zealand Antarctic Division. Presented by Mr. David G. Holborow. Chargé d'Affairs from New Zealand in Chile.
— Discusión.

(17.00—19.00 horas) *El desarrollo de los recursos vivos de la Antártica (continuación).*

— La explotación y conservación de los mamíferos antárticos. Profesor Daniel Torres. Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile.
— Norwegian interests and activities in Antactica. Doctor Tore Gjelsvik. Director, Norwegian Polar Institute.
— Discusión.

Miércoles 13 de abril

Sesión de la mañana

Presidente invitado: Doctor Phillip G. Law. Vicechancellor, Victoria Institute of Colleges, Australia.

(9.30—12.00 horas) *Minerales e hidrocarburos en el desarrollo antártico.*

— Los recursos no renovables del continente antártico. Profesor Oscar González-Ferrán. Departamento de Geología de la Universidad de Chile.
— Geología económica del Estrecho Gerlache entre los paralelos 64° y 65° latitud Sur. Profesor Boris Alarcón. Departamento de Geología de la Universidad de Chile.

— Las perspectivas de la explotación petrolífera antártica. Ingeniero Raúl Cortés. Empresa Nacional de Petróleos.
— Discusión.

Tarde libre

Jueves 14 de abril

SESIÓN DE LA MAÑANA

Presidente invitado:

Doctor Víctor T. Neal. International Coordinator, International Southern Ocean Studies.

(9.00—10.30 horas) *El transporte y el turismo como factores del desarrollo antártico.*

— El desarrollo del transporte antártico. Comandante Rubén Scheihing. Armada de Chile.
— Transport and Tourism in Antarctic Development. Doctor R. B. Thomson. Superintendent, New Zealand Antarctic Division. Presented by Mr. David G. Holborow. Chargé d'Affairs from New Zealand in Chile.
— Discusión.

(10.45—12.30 horas) *Desarrollo antártico y medio ambiente.*

— Desarrollo antártico y medio ambiente costero. Profesor Carlos Moreno. Instituto de Ecología, Universidad Austral de Chile.
— The work the International Southern Ocean Studies. Doctor Victor T. Neal. International coordinator, International Southern Ocean Studies.
— Instituto Brasileiro de Estudos Antárticos: comments on scientific activities on Antarctica. Doctor Aristides Pinto Coelho, Director of Science and Technology, Instituto Brasileiro de Estudos Antárticos.
— Discusión.

SESIÓN DE LA TARDE

Presidentes invitados:

Profesor Mateo Martinic. Rector del Instituto de la Patagonia. Profesor Francisco Orrego Vicuña. Director del Instituto de Estudios Internacionales de la Universidad de Chile.

(15.00—17.00 horas) *La cooperación científica internacional para el desarrollo antártico.*

— La cooperación científica internacional en el desarrollo antártico. Ingeniero Peter Welkner. Instituto Nacional Antártico de Chile. Vicepresidente de SCAR.

— The work of SCAR in antarctic conservation. Doctor Tore Gjelsvik. Director, Norwegian Polar Institute. President of SCAR.
— Discusión.

(17.15—19.00 horas) *La cooperación política internacional para el desarrollo antártico.*
— International cooperation for antarctic development: the test for the Antarctic Treaty. Doctor Brian Roberts. Scott Polar Research Institute.
— Perspectivas político-jurídicas del régimen antártico. Señor Oscar Pinochet de la Barra.
— Discusión.

(19.00—19.30 horas) *Sesión de clausura.*

NOMINA DE PARTICIPANTES

James L. Adkins.
Oficial Científico.
Embajada de los Estados Unidos.
Agustinas 1343.
Santiago. Chile.

José Boris Alarcón.
Geólogo. Universidad de Chile.
Plaza Ercilla 803.
Santiago. Chile.

Raúl Bertelsen Repetto.
Profesor de Ciencias Políticas.
Academia de Guerra Naval.
Valparaíso. Chile.

Carlos Bustos Díaz.
Director de Política Especial.
Ministerio de Relaciones Exteriores.
Palacio de la Moneda.
Santiago. Chile.

Roberto Cabezas Bello.
Jefe de la División de Planificación y Desarrollo
Instituto de Fomento Pesquero.
José Domingo Cañas 2777.
Santiago. Chile.

Juan Carlos Castilla.
Departamento de Biología Ambiental y Poblaciones. Instituto de Ciencias Biológicas.
Universidad Católica de Chile.
Alameda 340.
Santiago. Chile.

Edmundo Correa Paredes.
Abogado SERPLAC XII Región.
Edificio Magallanes.
Punta Arenas. Chile.

Raúl Cortés R.
Geólogo de Proyectos.
Empresa Nacional del Petróleo.
Ecuatoriana 1228.
Punta Arenas. Chile.

Robert H. Cotton.
Director Fundación Chile.
Vitacura 2653-B.
Santiago. Chile.

René Edgar Dalinger.
Jefe División Glaciología.
Instituto Antártico Argentino.
Cerrito 1248.

Buenos Aires.
Argentina.

Luis Antonio de Carvallo Ferraz.
Capitao de Corveta
Ministerio de Marinna.
Esplanada dos Ministerios.
Brasilia-DF 70000.
Distrito Federal.
Brasil.

Louis de Goes.
Exec. Secretary, Polar Research Board.
National Academy of Sciences.
2101 Constitution Ave. N. W.
Washington.
District of Columbia.
U.S.A.

Juraj Domic K.
Dirección de Planificación.
Ministerio de Relaciones Exteriores.
Palacio de la Moneda.
Santiago. Chile.

Carmen Gloria Echeverría Duco.
Instituto de Estudios Internacionales.
Universidad de Chile.
Condell 249.
Santiago. Chile.

Alfonso Filippi Parada.
Director Ejecutivo y Delegado Junta de Gobierno.
Instituto de Fomento Pesquero.
José Domingo Cañas 2277.
Santiago. Chile.

General *Nilo Floody.*
Intendente XII Región.
Punta Arenas. Chile.

Octavio Flores Castelli.
Jefe Secretaría Geográfica.
Instituto Geográfico Militar.
Castro 354.
Santiago. Chile.

General (J.) *Juan Fontecilla.*
Jefe Departamento Antártico.
Dirección de Fronteras y Límites.
Estanislao Recabarren 2311.
Santiago. Chile.

Enrique Gajardo Villarroel.
Profesor de la Escuela de Derecho.
Universidad de Chile.
Av. Bulnes 120, Depto. 66.
Santiago. Chile.

Fernando García Bernal.
Jefe División Apoyo Técnico Regional.
ODEPLAN.
Huérfanos 863. Segundo piso.
Santiago. Chile.

Comandante *Francisco García Huidobro.*
Estado Mayor General de la Armada.
Ministerio de Defensa Nacional.
Santiago. Chile.

Olga Giagnoni Mack.
Coordinadora Jefe del Depto. de Ciencias Sociales.
Centro de Perfeccionamiento del Ministerio de Educación.
Vitacura 3763. Depto. 33.
Santiago. Chile.

Yves Gibert.
Secretario general.
Tierras Australes y Antárticas Francesas.
27 Rue Oudinot.
Paris 75007.
Francia.

Atilio Héctor Giménez.
Jefe del Depto. Intercambio Científico.
Dirección Nacional del Antártico.
Instituto Antártico Argentino.
Cerrito 1248.
1010, Buenos Aires.
Argentina.

Tore Gjelsvik
Director Norsk Polarinstitutt.
Rolfstangvein 12.
Oslo.
Noruega.

Oscar González-Ferrán.
Profesor Depto. de Geología.
Universidad de Chile.
Cardenal Newman 668.
Santiago. Chile.

Keith Haskell.
Chargé d' Affairs.
Embajada de Inglaterra.
Santiago. Chile.

Mitsuru Higuchi.
Corresponsal en Chile de la GIGI Press (Japón).
Embajada de Japón.
Santiago. Chile.

David George Holborow.
Chargé d'Affairs y Cónsul General.
Embajada de Nueva Zelandia.
Casilla 112.
Santiago. Chile.

Andrés Huneeus.
Redactor Revista "Qué Pasa".
San Martín 133.
Santiago. Chile.

Michael Kergin.
Consejero.
Embajada del Canadá.
Ahumada 11.
Santiago. Chile.

Dr. *Phillip G. Law.*
Vice-Chancellor.
Victoria Institute of Colleges.
582 St. Kilda RD.
Melbourne 3004.
Victoria.
Australia.

María Isabel Livingston.
Corresponsal Canal 4 de T.V. Valparaíso.
Representante del Centro de Estudios y Servicios Internacionales de Viña del Mar.
Pasaje Monterrey 78.
Viña del Mar.
Chile.

Contralmirante *Raúl López Silva.*
Comandante en Jefe III Zona Naval.
Punta Arenas. Chile.

Comandante *Hernán Lorca.*
Director del Instituto Antártico Chileno.
Luis Thayer Ojeda 814.
Santiago. Chile.

Mateo Martinic Beros.
Rector del Instituto de la Patagonia.
Casilla 102 D.
Punta Arenas. Chile.

Juan Enrique Mattson Pérez.
Secretario Regional de Planificación. y Coordinación.
XII Región.
Punta Arenas. Chile.

Carlos A. Moreno.
Profesor Instituto de Ecología.
Universidad Austral.
Casilla 567.
Valdivia. Chile.

Donald M. Morris.
Consejero Embajada de Sud Africa.
Pedro de Valdivia 800.
Santiago. Chile.

Takesi Nagata.
Director National Institute of Polar Research.
1-9-10 Kaga, Itabashi-ku.
Tokyo 173.
Japan.

Víctor T. Neal.
School of Oceanography.
Oregon State University.
Corvallis, Oregon 97331.
U.S.A.

Ian Nicholson.
Embajador de Australia.
Américo Vespucio Norte 2325.
Santiago. Chile.

Dourimar Nunes de Moura.
Coordinador de Cooperación Multila teral.
Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico.
Av. W 3 Norte Q Sep 507 B.
Brasilia D. F.
Brasil.

Osvaldo Oelckers Camus
Profesor Academia de Guerra Naval.
Armada de Chile.
Casilla 3015.
Valparaíso. Chile.

Iván Oliveira Cannabrava.
Primer Secretario Ministerio de Relaciones Exteriores.
Casilla 70000.
Brasilia.
Brasil.

Francisco Orrego Vicuña.
Director del Instituto de Estudios Internacionales.
Universidad de Chile.
Condell 249.
Santiago. Chile.

Aníbal Oyarzún.
Jefe Depto. Científico.
Instituto Antártico Chileno.
Luis Thayer Ojeda 814.
Santiago. Chile.

Teodoro Pienaar.
Encargado de Negocios.
Embajada de Sud Africa.
Pedro de Valdivia 800.
Santiago. Chile.

Oscar Pinochet de la Barra.
Martín de Zamora 4358.
Santiago. Chile.

Manuel Pinochet Sepúlveda
Presidente Fundación Chile.
Presidente de CONYCIT.
Canadá 308.
Santiago. Chile.

Arístides Pinto Coelho.
Director de Ciencia y Tecnología.
Instituto Brasileño de Estudios Antárticos.
Av. Río Branco 124 D. 22º.
Río de Janeiro.
Brasil.

Patricio Prieto Gándara.
Jefe Departamento Derecho Internacional.
Armada de Chile.
Ministerio de Defensa. 7º Piso.
Santiago. Chile.

Dr. Brian Roberts.
Research Associate.
Scott Polar Research Institute.
Lensfield Road.
Cambridge.
England.

Augusto Salinas Araya.
Instituto de Estudios Internacionales.
Universidad de Chile.
Condell 249.
Santiago. Chile.

Comandante *Rubén Scheihing N.*
Submarino Simpson.
Correo Naval 3.
Talcahuano. Chile.

Sergio Sepúlveda González.
Departamento de Geografía.
Universidad de Chile.

Vitacura 3763.
Santiago. Chile.

Daniel Torres Navarro.
Depto. de Biología. Facultad de Ciencias.
Universidad de Chile.
Arturo Gonzalvez 3394. Villa Macul.
Santiago. Chile.

Manuel Valdés.
Presidente de la Confederación de la Producción y del Comercio.
Estado 337. Ofic. 507.
Santiago. Chile

José Valencia.
Facultad de Ciencias.
Universidad de Chile.
Alfonso Ojeda 6805.
Santiago. Chile.

Víctor Villanueva López.
Jefe de Programa Antártico.
Depto. de Geodesia. Universidad de Chile.
Beauchef 850.
Santiago. Chile.

Henning Leopold von Hassell.
Primer Consejero.
Embajada de la República Federal de Alemania.
Santiago. Chile.

Peter Welkner M.
Vicepresidente y Delegado de Chile al SCAR.
Instituto Antártico Chileno.
Luis Thayer Ojeda 814.
Santiago. Chile.

Joao Aristides Wiltgen.
Presidente Instituto Brasileño de Estudios Antárticos.
Av. Río Branco 124 22º PAV.
Río de Janeiro.
Brasil.

Shigeaki Yamashita.
Embajador del Japón.
Santiago. Chile.

Yoshio Yoshida.
National Institute of Polar Research
1-9-10 Kaga, Itabashi-ku.
Tokyo 173.
Japón.

RECONOCIMIENTOS

El Instituto de Estudios Internacionales de la Universidad de Chile y el Instituto de la Patagonia expresan su reconocimiento a la Tinker Foundation de Nueva York, que contribuyó parcialmente al financiamiento del Symposium, y a la Armada de Chile, que gentilmente facilitó el transporte *Aquiles* para recorrer la ruta de los canales de Chile.

Igualmente expresan su agradecimiento a la Intendencia de la XII Región y a la Tercera Zona Naval, por las atenciones y facilidades ofrecidas durante la realización del Symposium.